



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA QUÍMICA – INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

***“GUÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS APLICADA A UNA
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES.”***

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
I.Q. JOSÉ ÁNGEL LÓPEZ DÍAZ

TUTOR PRINCIPAL
M.I. JOSÉ ANTONIO, ORTIZ, RAMÍREZ, F.Q. UNAM

Ciudad Universitaria, CD. MX. enero 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Modesto Javier Cruz Gómez

Secretario: Dr. Alfonso Durán Moreno

1 er. Vocal: M.I. José Antonio Ortiz Ramírez

2 do. Vocal: MBA. Elisa Guinea Corres

3 er. Vocal: M.I. Ezequiel Millan Velasco

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México

TUTOR DE TESIS:

M.I. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ

FIRMA

Agradecimientos

En primera instancia quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este momento, ya que ha sido el motor de mi vida a cada paso que eh dado y siempre me ha acompañado en todo momento, con su ayuda pude superar todos los obstáculos que me condujeron a este momento de suma importancia para mi formación académica y profesional.

A familia sobre todo a mis madres Artemisa Díaz y Yolanda Trujillo con todo mi afecto, admiración y respeto, ya que su sabiduría, consejos, amor, comprensión y su sacrificio para brindarme los recursos necesarios para estudiar, han dado frutos. Me han enseñado todo lo que soy como persona, mis valores, mi carácter y mis principios. A mi padre Arturo, a mi tío Daniel y en especial a mi hermano Ángel Gabriel, por ser motivo de inspiración y enseñarme que no debo rendirme, aunque parezca que la pelea está perdida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Química por brindarme una excelente formación académica, humana y profesional, ya que comprendí que un ingeniero químico no solo debe saber modelos matemáticos, administrativos u operaciones unitarias, sino más bien debe complementar todos estos conocimientos con valores éticos y morales, por lo que considero que, para ser un buen ingeniero, primero hay que ser una buena persona.

A las y los profesores que compartieron conmigo sus conocimientos y su experiencia en un salón de clases a lo largo de trece semestres desde mi ingreso a la licenciatura. Quiero agradecer en especial al M. en C. Caritino Moreno Padilla quien físicamente ya no está con nosotros, pero su ejemplo de humanidad perdurará por siempre.

Al ingeniero Juan Mario Morales Cabrera que ha sido mi mentor a lo largo de mi formación académica y un ejemplo a seguir en todos los sentidos, sin duda alguna es pieza fundamental para la realización de este trabajo, ya que su ayuda, sus conocimientos y las oportunidades que me ha brindado son invaluable, así mismo aprecio su amistad, aunque le vaya al cruz azul.

Al ingeniero José Antonio Ortiz Ramírez quien es más que mi tutor, un guía que me orienta cada vez que parece que un problema no tiene solución, agradezco su apoyo incondicional, paciencia, comprensión, consejos y sobre todo creer en mí, en mis conocimientos, mis aptitudes y en mi sueño.

Agradezco a los miembros del jurado, por su tiempo, apoyo, compromiso, sabiduría y conocimientos aportados al presente trabajo los cuales han dado pie a tener una sinergia total entre lo escrito y lo aprendido.

Así mismo quiero agradecer especialmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado a lo largo del tiempo de duración de mis estudios de maestría.

A a mis amigas y amigos por ser parte fundamental de mi vida, es maravilloso contar con personas que iluminen tus días con tanto positivismo como el de ustedes me llevaría miles de hojas agradecerles tanto.

A PV Ingeniería y Proyectos, en primer término, a la ingeniera Amaranta López quien ha sido un Ángel para mí, es mi confidente, mi consejera, mi pañuelo de lágrimas, pero sobre todo es una persona que siempre me motiva y me ayuda a salir adelante, la verdad que la considero más una hermana, porque sé que siempre vamos a estar el uno para el otro. Así mismo al ingeniero Jorge Roberto Ramírez (Robert), tiene una manera un poco rara de ser, pero es una gran persona, muy comprometido, muy responsable y la verdad es que la vida no me pudo poner a un mejor equipo para hacer proyectos, por siempre, pericos verdes¡¡ (chiste local).

Al ingeniero Luis Rodolfo Alvarado de la Fuente quien me ha ayudado desde que literal empecé la carrera, me ha brindado su confianza, sus consejos y sobre todo su capacidad de resolución de problemas que es impresionante, más allá de eso es una gran persona, tiene un corazón enorme y agradezco a Dios por ponerlo en mi camino y porque seamos amigos.

Al ingeniero Víctor Ramírez, sin problemas podría hacer una antología de anécdotas que tengo con él, hemos pasado de todo, tantas bonitas experiencias que ahora solo viven en nuestros recuerdos, pero seguiremos sin duda alguna viviendo más aventuras para nuestra antología.

A mis amigos de la Facultad de Química: Amairani Olvera, Evelin Ávila, Erika Anaya, Mariel Benítez, Mariana Rivera, Ariel Sánchez, Alejandro Almorin, David Ortiz, Omar Hernandez, Miguel Mendoza, Carlos Víctor, Luis Mendoza, Daniel Morales, Guillermo Cardoso, Rodrigo Tablas, José Montaña, Omar Zepeda y en especial a Daniel Rodríguez Reséndiz q.e.d. Gracias a ustedes comprendí el sentido de ir a la escuela y aprender más allá de las aulas.

A mis amigos de la FCyA: Erik Lopez, Alondra Lara, Nayeli Guzman, Zaid Ledezma, Samanta Arévalo, Omar Escrpitia e Israel Garcia, fue una locura aprendí muchas cosas que ignoraba de su carrera y que me han servido hasta el día de hoy.

A mis amigos de prepa 7: Andrea González, Ingrid de la Peña, Samanta Cazares, Citlali Castellanos, Andros Cruz, Antonio Gallegos, Aldair Ramírez, Alejandro Huerta, Alexis Ortiz, Carlos Cedeño, Bryan Joel, Kevin Vazquez y Rodrigo Garcia. La verdad una de las más bonitas etapas de mi vida gracias por todo.

A Santiago Vazquez y a Luz Hernández por mostrarme que una familia no solo es de sangre, los quiero por siempre.

*“...¡Ni tú... ni yo... ni nadie golpea más fuerte que la vida! pero no importa lo fuerte que golpeas si no lo fuerte que pueden golpearte y lo aguantas mientras avanzas, hay que soportar sin dejar de avanzar así es como se gana. **Si tú sabes lo que vales, ve y consigue lo que mereces.** Tendrás que soportar los golpes y no puedes estar diciendo que no estás donde querías estar por culpa de él, de ella ni de nadie. Eso lo hacen los cobardes y tú no lo eres, eres capaz de todo...”*

Fragmento de la película “ROCKY V”.

CONTENIDO

CONTENIDO	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	VIII
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	X
OBJETIVO.....	XI
PARTICULARES.	XI
HIPÓTESIS	1
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
¿QUÉ ES UN PROYECTO DE INGENIERÍA?	4
¿QUÉ ES LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA?	5
<i>Etapas del desarrollo de la ingeniería en un proyecto.</i>	7
CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE INGENIERÍA.	8
<i>Planeación de negocio (Análisis de factibilidad)</i>	8
<i>Planeación conceptual.</i>	9
<i>Definición del alcance detallado (Definitivo).</i>	10
¿QUIÉN PARTICIPA EN UN PROYECTO?	11
EL ADMINISTRADOR DE PROYECTOS DE INGENIERÍA.	11
<i>¿Cuáles son las habilidades de un líder de proyecto?</i>	12
BENEFICIOS EN LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA.....	13
SOFTWARE DE APOYO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.	14
PROYECTOS DE INGENIERÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PTAR´S MUNICIPALES.	14
CAPÍTULO 2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LODOS ACTIVADOS.	16
PRETRATAMIENTO	16
TRATAMIENTO PRIMARIO	17
TRATAMIENTO SECUNDARIO.	17
TRATAMIENTO AVANZADO.....	17
DESINFECCIÓN.	17
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA FEL	18
ORIGEN	18
BENEFICIOS DE REALIZAR PROYECTOS BAJO LA METODOLOGÍA FEL.....	18
FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO DE LA METODOLOGÍA FEL	22
CAPÍTULO 4 GUÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES.	24
DESCRIPCIÓN GENERAL.....	24
<i>Integración y análisis de la información.</i>	24
<i>Leyes</i>	25
<i>Normas</i>	25
ANTEPROYECTO (PLANEACIÓN DEL PROYECTO).	26

<i>Desarrollo del plan para la dirección del proyecto</i>	26
<i>Plan de gestión del alcance</i>	27
Definición del grado de detalle del alcance de cada fase del proyecto.....	28
Estructura de desglose de trabajo EDT (WBS).....	29
<i>Plan de gestión del cronograma</i>	30
Definición de las actividades (documentos).....	31
Secuenciación de actividades.....	31
Ruta crítica.....	31
Diagrama PDM.....	32
Aplicación de adelantos y retrasos.....	33
Matriz de actividades.....	34
Estimación de duración.....	34
Análisis de reserva (Holgura).....	34
Desarrollo del programa.....	35
Curvas de avance.....	35
<i>Plan de gestión de los costos</i>	37
Contenido de un estimado de costos:.....	37
Presentación del presupuesto.....	39
<i>Plan de gestión de la calidad</i>	39
Validación/ Aprobación de entregables.....	41
Especificación de entregables.....	42
Tag en los entregables.....	42
Planos.....	50
Memorias de cálculo.....	55
Hojas de datos.....	55
Listas.....	56
Especificaciones.....	56
<i>Revisiones preliminares (No para construcción)</i>	57
<i>Revisiones aprobadas para construcción</i>	57
<i>Errores comunes en la presentación de los entregables</i>	57
<i>Modelos de entregables de ingeniería</i>	59
<i>Plan de gestión de los riesgos</i>	61
Probabilidad e impacto de los riesgos al proyecto.....	61
Informe C-R-E.....	62
<i>Plan de gestión de los interesados (stakeholders) en el proyecto</i>	62
Detección de los interesados.....	62
Influencia de los interesados.....	63
<i>Plan de gestión de los recursos humanos</i>	64
Selección de un tipo de organización para llevar a cabo el proyecto.....	64
Integración del equipo de proyecto.....	65
Alineación (integración humana armoniosa).....	66
<i>Plan de gestión de las comunicaciones</i>	67
Estrategia de distribución de la información.....	67
<i>Plan de gestión de las adquisiciones</i>	69
Recursos humanos.....	69
Recursos tecnológicos.....	69
<i>Gestionar el conocimiento del proyecto</i>	71
Monitorear y controlar el trabajo del proyecto.....	72
<i>Cierre de proyecto o etapa</i>	72
<i>Metodología para la administración del proyecto</i>	73
INICIO DEL PROYECTO.....	74
<i>Acta constitutiva del proyecto (CHARTER)</i>	74

ETAPA DE VISUALIZACIÓN.....	75
<i>Estudio de mercado</i>	76
Definición del nivel de tratamiento del agua residual.....	76
Horizonte del proyecto.....	76
Análisis de la demanda.....	77
Análisis de la oferta.....	79
Análisis de los requerimientos de recursos físicos y financieros.....	79
Análisis de la competencia.....	80
Estudio de distribución.....	81
<i>Identificación de oportunidades de negocio o beneficio para la compañía</i>	82
Elección de la idea e identificación de la oportunidad de negocio.....	82
<i>Identificación de los antecedentes de la problemática</i>	83
<i>Evaluación y selección de sitio</i>	84
<i>Evaluación y selección de tecnología</i>	86
Composición típica de las aguas residuales municipales.....	86
Aplicabilidad del proceso.....	88
Calidad requerida en el efluente.....	88
Generación de residuos.....	88
Generación de subproductos con valor económico.....	88
Vida útil de la PTAR en operación.....	89
Requerimientos de espacio físico.....	89
Diseño y construcción.....	89
Criterios de diseño.....	89
Experiencia del contratista.....	89
Tecnología ampliamente probada.....	90
Complejidad en la construcción y equipamiento.....	90
Operación.....	90
Flexibilidad de la operación.....	90
Complejidad de operación del proceso.....	90
Requerimientos de personal.....	90
Disponibilidad de repuestos y centros de servicio.....	91
Entorno e impacto al medio ambiente.....	91
Producción de ruido.....	91
Contaminación visual.....	91
Producción de malos olores.....	91
Generación de gases de efecto invernadero.....	91
Condiciones para la reproducción de insectos y animales dañinos.....	92
<i>Establecer el alcance</i>	92
Definición del alcance a partir de la evaluación PDRI.....	92
<i>Evaluación de riesgos</i>	93
<i>Desarrollo del estimado de costos clase V</i>	93
Costos directos.....	94
Equipos.....	94
Fletes y gastos de aduana.....	94
Seguros.....	95
Ingeniería.....	95
Maquinaria de construcción.....	95
Pruebas y puestas en operación.....	95
Sobrecosto.....	95
Costos indirectos.....	95
Financiamiento.....	96
Utilidad.....	96
Monto por contingencias.....	96

Escalación.....	96
<i>Caso de Negocio.....</i>	<i>97</i>
Desarrollo del caso de negocio.....	97
Hoja resumen.....	98
Análisis de las alternativas seleccionadas.....	98
Análisis del entorno.....	98
Análisis de Riesgos.....	98
Análisis Económico- Financiero.....	99
Evaluación de los indicadores de rentabilidad.....	100
Definir los contratos necesarios.....	100
Reunión de inicio del proyecto de ingeniería con los gerentes de las especialidades que intervienen en la fase de visualización.....	100
Desarrollo de la ingeniería conceptual.....	101
Desarrollo del estimado de costos clase IV.....	101
Control y seguimiento del alcance de la etapa de visualización.....	101
ETAPA DE CONCEPTUALIZACIÓN.....	103
<i>Estudios preliminares.....</i>	<i>103</i>
<i>Bases de diseño de ingeniería básica y básica extendida.....</i>	<i>104</i>
Filosofía de confiabilidad.....	104
Filosofía de mantenimiento.....	105
<i>Ingeniería básica.....</i>	<i>105</i>
Entregables de Ingeniería de Proceso.....	106
Entregables de Ingeniería Civil.....	107
Entregables de Ingeniería Mecánica.....	108
Entregables de Ingeniería de Tuberías e Instrumentación.....	109
<i>Declaración del alcance definitivo.....</i>	<i>111</i>
<i>Estimado de costos clase III.....</i>	<i>111</i>
Costos directos.....	112
Información proporcionada por ACCE.....	112
Fletes y gastos de aduana.....	112
Ingeniería.....	113
Maquinaria de construcción.....	113
Pruebas y puesta en operación.....	113
Sobrecosto.....	113
Contingencias.....	114
Allowance.....	115
Escalación.....	115
<i>Ingeniería básica extendida.....</i>	<i>116</i>
Entregables de Ingeniería de Proceso.....	116
Entregables de Ingeniería Civil.....	117
Entregables de Ingeniería Mecánica.....	118
Entregables de Ingeniería Eléctrica.....	118
ETAPA DE DEFINICIÓN.....	120
<i>Ingeniería de detalle.....</i>	<i>121</i>
<i>Actividades de Procura Temprana.....</i>	<i>124</i>
<i>Estimado de costos clase II.....</i>	<i>124</i>
CAPÍTULO 5 CASO DE ESTUDIO AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, MICHOACÁN.....	125
RESUMEN EJECUTIVO.....	126
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	126
EDT DEL PROYECTO (PAQUETES DE INGENIERÍA).....	127

PROGRAMA GENERAL DEL PROYECTO	141
<i>Hitos del proyecto.</i>	141
<i>Ruta Crítica.</i>	143
ACTA CONSTITUTIVA.....	169
LISTA DE INTERESADOS.....	176
ORGANIGRAMA DEL EQUIPO DEL PROYECTO	178
EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL SITIO	180
EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.....	185
ALCANCE PRELIMINAR.....	193
EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	196
ESTIMADO DE COSTOS CLASE V	201
PAQUETE DE INGENIERÍA CONCEPTUAL	204
EVALUACIÓN PDRI 1	206
ESTUDIOS PRELIMINARES.....	210
BASES DE DISEÑO DE INGENIERÍA.....	212
ALCANCE DEFINITIVO	215
ESTIMADO DE COSTOS CLASE III	218
EVALUACIÓN PDRI 2	221
EVALUACIÓN PDRI 2I.....	225
EVALUACIÓN PDRI 3	229
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES.	233
CONCLUSIONES DEL CASO DE ESTUDIO.....	233
CONCLUSIONES GENERALES.	234
ÁREA DE OPORTUNIDAD	235
ANEXOS	236
ANEXO "1" TAMAÑO DE PLANOS (ACOTACIONES EN MILÍMETROS)	236
ANEXO "2" CUADROS DE IDENTIFICACIÓN DE DOCUMENTOS Y PLANOS.....	237
ANEXO 3 MODELOS DE ENTREGABLES DE INGENIERÍA.....	241
MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE MURO CORTAFUEGO ESPECIALIDAD: INGENIERÍA CIVIL.	241
PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR ESPECIALIDAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA	241
ESPECIFICACIÓN DE VENTILADOR MECÁNICO ESPECIALIDAD: INGENIERÍA MECÁNICA.	241
LISTA DE MATERIALES DE TUBERÍA ESPECIALIDAD: INGENIERÍA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN.	241
HOJA DE DATOS DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN ESPECIALIDAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA.....	241
ANEXO 4 DOCUMENTOS DE APROBACIÓN.	254
ANEXO 5 CONTROL DE CAMBIOS.....	255
BIBLIOGRAFÍA	256

Índice de figuras.

Figura I Consulta de la problemática en el desarrollo de proyectos de construcción de PTAR's en México, (Elaboración propia).....	2
Figura II Tipos de proyectos Fuente: José Francisco Albarrán Núñez, Ingeniería de Proyectos en México, Academia de Ingeniería de México.....	5
Figura III Cronograma de ingeniería (Elaboración propia).....	8
Figura IV Ciclo de vida del proyecto Fuente: Pre-Project Planing Handbook, special publication 39-2. Construction Industry Institute. The University of Texas at Austin, TX. April 1995.....	10
Figura V Involucrados en un proyecto Fuente: Benítez, M. T. (2015). Administración de proyectos basado en el PMI para empresas de servicios. CDMX UNAM.....	11
Figura VI Proceso de tratamiento por L.A. Fuente: https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/bioreactor-lecho-movil-mbbr.htm	17
Figura VII Compuertas FEL Fuente: Pre-Project Planning Handbook, special publication 39-2. Construction Industry Institute.1995.....	20
Figura VIII Curva de influencia y de costos para el ciclo de vida del proyecto. Fuente: Pre-Project Planning Handbook, special publication 39-2. Construction Industry Institute.1995.....	21
Figura IX Los siete elementos más críticos de un proyecto https://www.eoi.es/wiki/index.php/La_Idea_de_Negocio_en_Proyectos	22
Figura X Efecto de la reducción de los elementos principales de un proyecto. Fuente: (Elaboración Propia).....	22
Figura XI . Figura ideal de la distribución de importancia de los elementos principales de un proyecto. Fuente: (Elaboración Propia).....	23
Figura XII Proceso de la gestión del tiempo en proyectos Fuente: (Elaboración Propia).....	30
Figura XIII Método de diagrama de procedencia Fuente: Project Management Institute.....	33
Figura XIV Valores de referencia de H-H para documentos de ingeniería Fuente: Ing. Leticia Lozano, Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales 2014.....	34
Figura XV Ejemplo de Curva S Fuente: http://presupuestodeobrasvalorganado.blogspot.com/2016/10/curvas-s-programada-realizada-y-de.html	36
Figura XVI Modelo del ciclo de vida del proyecto y exactitud de la estimación de costos en inversión Fuente: M.I Luis Alvarado presentación ingeniería de costos 2019.....	38
Figura XVII Desviación esperada del estimado de costos Fuente: M.I Luis Alvarado presentación ingeniería de costos 2019.....	38
Figura XVIII Esquema del enfoque general de la ISO 9001:2015 Sistema de gestión de la calidad-Requisitos.2019.....	40
Figura XIX Estructura del tag de los entregables Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.....	42
Figura XX Ejemplificación de errores comunes en la presentación de entregables de ingeniería. Fuente PTAR Celaya.....	60
Figura XXI Organización del tipo gerencia recomendada para el proyecto Fuente: elaboración propia.....	65
Figura XXII Esquema de comunicaciones Fuente: Elaboración propia.....	68
Figura XXIII Base metodológica de la GPAPTARM. Fuente: M.I. José Antonio Ortiz Ramírez Presentación Ing. y administración de proyectos 2019.....	73
Figura XXIV Fase de diseño y acreditación en la metodología FEL Fuente: Avendaño, L. A. (2015). Manual del SIDP. CDMX: PEMEX.....	74
Figura XXV Distribución por gravedad Fuente: CONAGUA SGAPDS Libro12.....	81
Figura XXVI Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Fuente: Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Revista Tecnura, 19(46), 149-164. doi:10.14483/udistrital.....	87
Figura XXVII Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Fuente: Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Revista Tecnura, 19(46), 149-164. doi:10.14483/udistrital.....	87

Índice de Tablas.

Tabla 1 Software de Apoyo para la administración de proyectos. Fuente: Elaboración propia.	14
Tabla 2 Entidades seleccionadas con mayor disponibilidad del servicio de tratamiento de aguas residuales municipales 2017. Fuente: INEGI. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2018. Módulo 5 Agua Potable y Saneamiento.	15
Tabla 3 Objetivos de las etapas de la metodología FEL. Fuente: M.I. José Antonio Ortiz Ramírez Presentación Ing.y administración de proyectos 2019.	19
Tabla 4 Normas aplicables al diseño de PTAR´s Fuente: (elaboración propia)	25
Tabla 5 Grupo de trabajo de las diferentes especialidades de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.	43
Tabla 6 Claves para entregables de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.....	49
Tabla 7 Dimensiones de los planos Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.	50
Tabla 8 Conceptos y medidas que contiene un plano Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.....	51
Tabla 9 Tamaños específicos para planos por disciplina de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.	51
Tabla 10 Distribución y especificaciones para planos Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.	52
Tabla 11 Especificaciones de tamaño para los diferentes entregables de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.....	53
Tabla 12 Código de colores para comentarios en los entregables. Fuente: Elaboración propia	57
Tabla 13 Probabilidad de ocurrencia de riesgos Presentación del curso Admón. De proyectos- semestre 2019-2-Elisa Elvira Guinea Corres-UNAM-2019	61
Tabla 14 Matriz para la evaluación e informe de riesgos Fuente: Elaboración propia.....	62
Tabla 15 Matriz de interesados Fuente: Elaboración propia.....	63
Tabla 16 Matriz de identificación de negocios Fuente: Elaboración propia.....	83
Tabla 17 Matriz de factores para la evaluación de sitio Fuente: Elaboración propia.....	84
Tabla 18 Matriz de ponderación de los factores para la evaluación de sitio Fuente Elaboración propia	85
Tabla 19 Comité de control de cambios Fuente: Elaboración Propia.....	102

LISTA DE ACRÓNIMOS

FEL- Front End Loading

PMI- Project Management Institute

PMBOK- Guide to the Project Management Body of Knowledge

PTAR- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

ONU- Organización de las Naciones Unidas

PEMEX- Petróleos Mexicanos

CFE- Comisión Federal de Electricidad

IMP- Instituto Mexicano del Petróleo

SEMARNAT- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

CONAGUA- Comisión Nacional del Agua

SIDP- Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos

ACCE- Aspen Capital Cost Estimator

APEA- Aspen Process Economic Analyzer

PDRI- Project Definition Rating Index

ANSI- American National Standard Institute.

ASTM- American Standard for Testing and Materials.

ISO- International Organization for Standardizations

CII- Construction Industry Institute

IPA- Independant Project Analysis

FEED- Front End Engineering Development

INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía

IPC- Ingeniería, Procura y Construcción.

GPAPTARM- Guía Para la Administración de Proyectos para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.

EDT(WBS)- Estructura de Desglose de Trabajo

CRE- Causa Riesgo Efecto

IP- Ingeniería de Proceso

IC- Ingeniería Civil

IE- Ingeniería Eléctrica

IM- Ingeniería Mecánica

ITel- Ingeniería de Tuberías e Instrumentación

Resumen

En el presente trabajo se desarrolla una guía de administración de proyectos de ingeniería para plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, cimentada en las buenas prácticas de administración de proyectos y las metodologías FEL y PMI, posteriormente esta guía será aplicada al proyecto de “Diseño, construcción, equipamiento, operación, mantenimiento y conservación de la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneco, en el estado de Michoacán que cuenta con un presupuesto aprobado de **\$ 466,241,000.00 MX**.

Como parte del alcance del presente trabajo se mostrará la relación que tiene un administrador de proyectos con las etapas de visualización, conceptualización y definición de un proyecto de ingeniería, teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos del proyecto en términos de tiempo, costo, alcance y calidad, como prioridad principal.

En el mismo sentido se mostrará un programa de actividades propuestas para el desarrollo de la ingeniería que cumpla con el plazo de ejecución total del proyecto (24 meses), así mismo se mostrarán los resultados de un estimado de costos clase III con el fin de contar con la mayor cantidad de argumentos para realizar la evaluación PDRI durante las 4 fases del diseño de la planta de tratamiento.

Palabras clave: FEL, PMI, Administración de proyectos, Tratamiento de aguas residuales, PTAR Ingeniería Conceptual, Básica, Básica Extendida y de Detalle, Estimado de costos, Tiempo, Costo, Alcance y Calidad.

Abstract

In this work, an engineering project management guide for municipal wastewater treatment plants is developed, based on good project management practices and the FEL and PMI methodologies, later this guide will be applied to the “Design, construction, equipment, operation, maintenance and conservation of the expansion of the Atapaneco wastewater treatment plant, in the state of Michoacán, which has an approved budget of **\$ 466,241,000.00 MX**

As part of the scope of this work, the relationship that a project manager has with the stages of visualization, conceptualization and definition of an engineering project will be shown, taking into account the fulfillment of the project's objectives in terms of time, cost, scope and quality, as a main priority.

In the same sense, a program of activities proposed for the development of engineering that meets the total execution period of the project (24 months) will be shown, as well as the results of a class III cost estimate will be shown in order to count with the greatest number of arguments to carry out the PDRI evaluation during the 4 phases of the treatment plant design.

Key words: FEL, PMI, Project management, Wastewater treatment, PTAR, Conceptual, Basic, Extended Basic and Detailed Engineering, Cost Estimate, Time, Cost, Scope and Quality.

Introducción

En los últimos años según, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la población a nivel mundial ha crecido exponencialmente por lo que la demanda de agua potable se ha visto aumentada de manera significativa. Así mismo el crecimiento de la población mundial trae consigo un mayor número de contaminantes a los recursos naturales en particular al agua.

Debido a esto los especialistas en la materia del tratamiento de aguas residuales se han visto en la necesidad de elevar el número de construcciones de plantas para este fin ya sea dentro del sector industrial o en su mayoría de carácter municipal.

Bajo esta problemática es de suma importancia hacer más eficiente la gestión de los procesos que conllevan la construcción de una PTAR, teniendo como prioridad el diseño debido a que es la etapa donde se establecen todos los parámetros constructivos y de operación posteriores.

A través de los siguientes capítulos se pretende adentrar al lector en el tema del desarrollo de un proyecto de ingeniería, visto desde la perspectiva administrativa bajo un esquema metodológico aplicado a la visualización, conceptualización y definición de proyectos de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Debido a las limitantes temporales del proyecto de investigación se decidió desarrollar una guía con la información mínima necesaria para que el usuario pudiera comprender el tema de la administración de proyectos de ingeniería con un enfoque práctico, en vez de un manual ya que la información contenida en estos requiere de un proceso de validación, aprobación y certificación bajo cierta normatividad aplicable, por lo que desarrollar un manual tardaría el doble o hasta el triple de tiempo dependiendo el proceso de certificación de la información.

Mediante la investigación documental, pero sobre todo empírica de Ingenieros Químicos que en cuyo desarrollo profesional, han tenido que trabajar con proyectos de este tipo, se planteará la información general mínima necesaria para desarrollar la presente guía. A su vez se consultará a Ingenieros de proyectos que hayan utilizado alguna metodología de administración de proyectos en su vida laboral con el fin de rescatar los conceptos que puedan aportar un valor agregado a la presente guía.

Así mismo se aplicarán los conceptos de la presente guía al proyecto de diseño de la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales Atapaneco en el estado de, Michoacan. El alcance del diseño de esta planta, comprende un tren de tratamiento por lodos activados, servicios auxiliares, edificios y obras externas de la PTAR.

Como parte de la aplicación de la presente guía, se presentará una estimación de costos clase III para esta planta bajo la metodología ACCE.

Se espera que por medio de este trabajo se logre demostrar que una buena administración de proyectos de ingeniería tiene un gran impacto en el resultado final de un proyecto, así mismo se espera que más profesionistas relacionados a proyectos logren cumplir en tiempo, costo, alcance y calidad cuando lleven a cabo tareas gerenciales relacionados al desarrollo de la ingeniería para complejos industriales enfocados en el tratamiento de aguas residuales municipales.

Objetivo

Obtener una guía, base de para llevar a cabo la administración de proyectos en el desarrollo del paquete de ingeniería para plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, mediante el proceso de tratamiento por lodos activados.

A su vez se pretende orientar al lector en el cumplimiento del tiempo programado, el presupuesto asignado, la calidad requerida y el alcance establecido, teniendo como finalidad potenciar el interés de profesionistas involucrados en el desarrollo ingeniería a que utilicen temas administrativos de utilidad para lograr el éxito en los proyectos.

Particulares.

- Proponer una base metodológica de apoyo al administrador de proyectos para gestionar proyectos de desarrollo de ingeniería en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Evaluar el perfil del administrador de proyectos y la capacidad técnica que se requiere para este tipo de proyectos.
- Identificar y adoptar las mejores herramientas técnicas para la administración de proyectos que utilizan las principales compañías constructoras, en la ejecución de la ingeniería de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Llevar a cabo el procedimiento propuesto en la guía, a manera de ejemplo, en una planta de tratamiento de aguas residuales municipales que esta por construirse.
- Realizar la evaluación PDRI para cada etapa propuesta.
- Desarrollar un estimado de costos clase III aplicado al caso de estudio.
- Que la presente guía sirva como precedente para el desarrollo de un manual para proyectos de diseño y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales donde se contemplen tanto temas de carácter técnico como administrativos.

Hipótesis

Se considera que al disponer de una guía cimentada en los conceptos de las mejores prácticas y metodologías de administración de proyectos para el desarrollo de las etapas de ingeniería conceptual, básica, básica extendida y de detalle enfocada al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, permitirá corregir en una etapa temprana posibles impactos negativos en términos: económicos, ambientales y sociales, que pueda presentar un proyecto de esta naturaleza.

Capítulo 1 Antecedentes

En México durante muchos años se ha padecido en la ejecución de proyectos relacionados a la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, debido a que no existe algún manual de carácter público que aplique una metodología de administración de proyectos para la ejecución de los trabajos necesarios, por lo que en ocasiones estos proyectos se llevan cabo utilizando metodologías erróneas y poco eficientes, estas metodologías son regidas en su mayoría por la experiencia y conocimientos de gerentes y directores de proyectos, que no son especialistas en administración de proyectos.

Si bien no se puede desestimar la experiencia y el conocimiento adquirido por los gerentes que estuvieron a cargo de esos proyectos, los resultados en muchos casos tenían deficiencias en los rubros de tiempo, alcance costo y calidad, establecidos en el arranque del proyecto, debido a que en la mayor parte de los casos el administrador del proyecto era especialista en alguna disciplina de ingeniería y tenían complicaciones al interactuar con la información de las diferentes especialidades participantes.

Con la problemática de no tener una metodología estándar que aplicara para la realización de proyectos a nivel nacional empresas mexicanas comenzaron a estandarizar y conjuntar técnicas, procesos y prácticas a partir de metodologías internacionales y experiencias propias.

Tal es el caso de Petróleos Mexicanos (PEMEX) que a partir de la metodología FEL y el PMBOK, creó el Sistema Institucional para el desarrollo de proyectos (SIDP), con el cual se desarrollan todos sus proyectos.

Para el caso de desarrollo de proyectos enfocados a la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) desarrollo el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en donde si bien detalla aspectos técnicos del tratamiento de aguas residuales municipales y diseño de sistemas hídricos para su gestión no contiene información de la administración de proyectos en el desarrollo de obras.

Datos recabados indican que muchos de los problemas que se tienen en la construcción de una PTAR parten de una inadecuada gestión en los trabajos de ingeniería que se realizan para el diseño, lo que provoca, retrasos, mal uso de los recursos económicos de la compañía encargada del proyecto y sobre todo problemas en etapas posteriores (construcción y operación).

A continuación, se muestran los resultados de una consulta para conocer los rubros en los que se tiene una mayor problemática en el desarrollo de proyectos de construcción de PTAR's en México, esta consulta fue realizada a 4 compañías que tienen una experiencia mayor a 10 años en la construcción de estas plantas, los resultados con las razones sociales de las compañías fueron presentados en el seminario de investigación del campo de conocimiento Ingeniería Química Generación 2019-1, para el presente trabajo escrito las compañías pidieron que no se revelará su razón social, por lo que se les asignará un número para identificarlas.

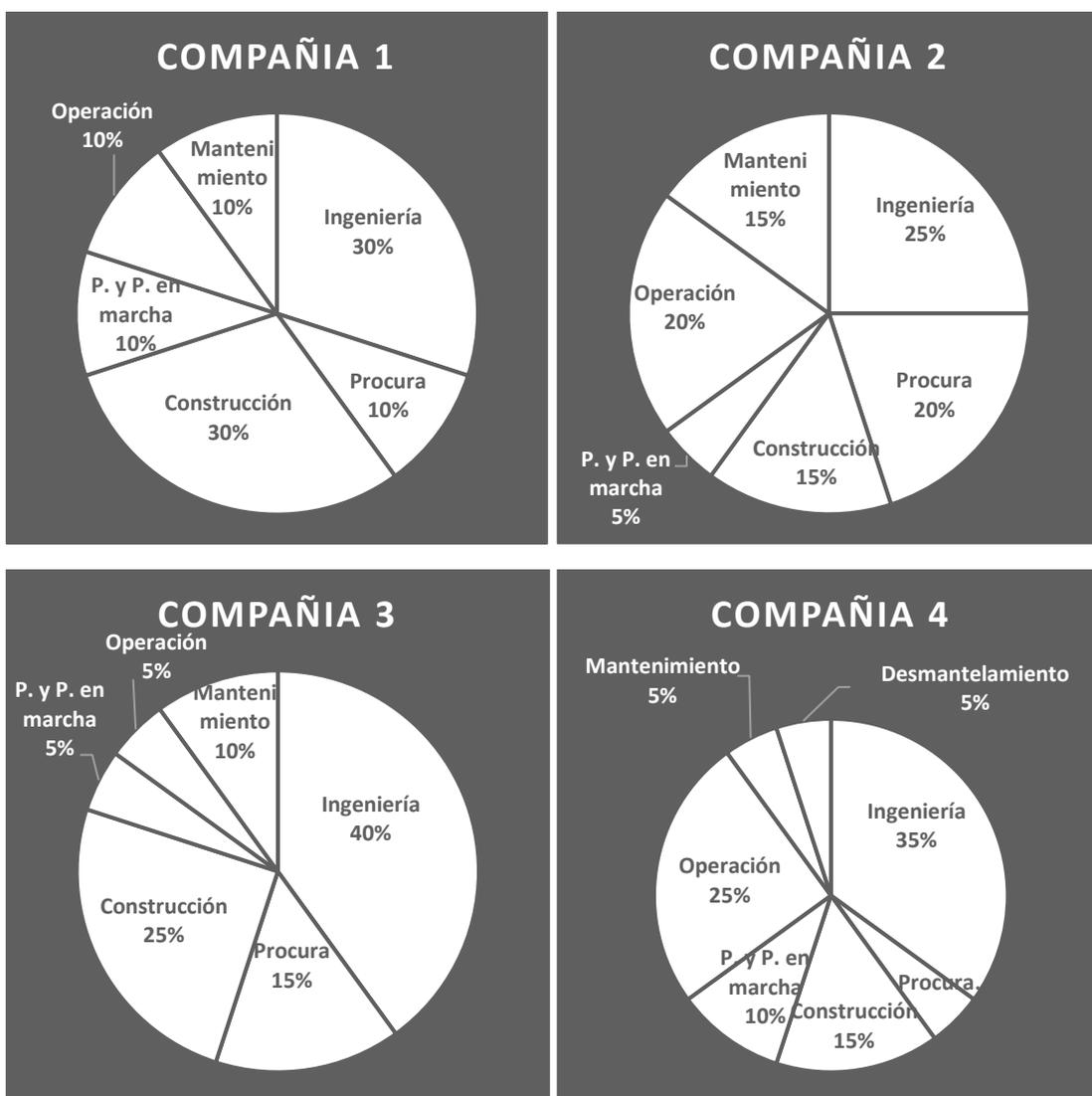


Figura I Consulta de la problemática en el desarrollo de proyectos de construcción de PTAR's en México, (Elaboración propia).

Como se puede observar en los resultados de la consulta, la tendencia indica que el desarrollo de la ingeniería suele tener más problemas en su ejecución. Esto implica que en México, la ausencia del uso de alguna metodología de administración de proyectos y de buenas prácticas en la ejecución de la ingeniería para el caso específico de proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, se traduce en proyectos que no agregan el máximo valor y es común que los estimados en los principales conceptos (alcance, tiempo, costo y calidad) generados en la etapas de planeación, definición y ejecución difieran de los resultados obtenidos, además de que exista un desfase considerable entre el programa de las tareas planificadas y las tareas ejecutadas.

Para ejemplificar lo antes mencionado se enlistaron algunos de los ejemplos típicos de dificultades en la administración de proyectos de plantas de tratamientos de aguas residuales, según expertos en el tema e información obtenida de especialistas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA):

- Alcance mal definido o interpretado por parte del cliente o la compañía encargada del proyecto.
- Desconocimiento o demerito del proyecto por parte del cliente.
- Selección del personal erróneo o no calificado por parte de la compañía.
- Selección y aprobación de un proceso obsoleto o ineficiente para el tratamiento de las aguas residuales.
- Estudios de campo insuficientes, como en mecánica de suelos, bancos de materiales y calidad del agua, por mencionar algunos.
- Los beneficios del proyecto están sobre estimados y llegan a ser metodológicamente incorrectos.
- Los trabajos para la evaluación de la localización de la planta empiezan muy tarde y subestiman su complejidad.
- Se desconocen acuerdos de distribución y disponibilidad de concesiones para el aprovechamiento de aguas nacionales y tipos de cuerpo receptor en donde se pretende descargar las aguas residuales.
- Se busca que los tiempos de ejecución sean lo más ajustados posibles a los periodos de las autoridades en curso lo cual agrega una carga compleja de apresuramiento hacía los tiempos normales de ejecución.
- Normatividad no utilizada o inadecuada para el proceso de tratamiento de las aguas residuales.
- Diferencias muy significativas en los estimados de costos del proyecto debido a no tomar en cuenta obras complementarias requeridas.
- Dificultad en la comunicación con las gerencias de las diferentes disciplinas de ingeniería.
- Mala organización en las actividades que iniciaron, están en desarrollo o concluyeron.

- Diferencias entre los ingenieros que se ven reflejadas en los entregables del proyecto.

Si bien cada proyecto es totalmente diferente y tiene sus propias dificultades se deberán prevenir todas ellas, teniendo en cuenta que no podremos erradicar todas las dificultades, es posible disminuirlas al implementar una guía de administración de proyectos, implantando buenas prácticas en el desarrollo de nuestros proyectos desde una etapa temprana como lo es el desarrollo de la ingeniería.

Como en cualquier proyecto desde la etapa inicial el cliente tiene la expectativa de que el administrador del proyecto pueda proporcionarle información confiable en términos de predicciones para los rubros de: costos, temporalidad y cumplimiento de objetivos del proyecto con miras a tener una idea a futuro de las fases posteriores al diseño (procuración, construcción, puesta en marcha y desmantelamiento) de la planta, esto encaminado a una adecuada toma de decisiones por parte de los stakeholders, basada en argumentos con respecto al rumbo del proyecto.

¿Qué es un proyecto de ingeniería?

Definiremos como proyecto de ingeniería al medio que reúne todos los recursos necesarios para transformar una idea o un sueño en realidad de tipo industrial, es decir aplicado a un contexto en gran escala, teniendo como objetivo principal cumplir con el tiempo de ejecución acordado, la calidad demandada y el presupuesto asignado por el cliente o patrocinador del proyecto (Cabrera, 2016).

El realizar la ingeniería de un proyecto es enlazar el desarrollo técnico conceptual con la implementación constructiva ya que se pretende realizar trabajos técnicos de las diferentes especialidades de ingeniería que participan en un proyecto (Proceso, Civil, Mecánica, Tuberías e instrumentación y Eléctrica), además de evaluar controlar y dirigir todos los recursos destinados al proyecto.

Cabe señalar que el resultado de un proyecto de ingeniería son documentos únicos que servirán para ejecutar un servicio, completar un proceso, una fase o un proyecto entero, estos documentos son llamados entregables.

En términos de infraestructura a nivel mundial comúnmente se realizan proyectos del tipo Ingeniería, Procuración y construcción (IPC). Este tipo de proyectos se caracterizan por desarrollar absolutamente todos los entregables necesarios para el diseño, la procuración de los componentes para la construcción, y por último la construcción y puesta en operación del complejo industrial.

Los proyectos de esta naturaleza se elaboran bajo diferentes niveles de detalle que van desde la etapa de planeación hasta la de desmantelamiento y reacondicionamiento del sitio.

Particularmente en México el desarrollo de un proyecto de ingeniería sigue una secuencia evolutiva a medida que avanza el proyecto, es decir, se comienza con el

desarrollo de una **ingeniería conceptual** donde se visualizará el proyecto y su factibilidad técnica y económica. Posteriormente se generará la **ingeniería básica**, donde se tendrá la mayor parte de la información técnica del diseño del complejo industrial, se continuará con la **ingeniería básica extendida** que será un complemento de información técnica y por último la **ingeniería de detalle** donde se tendrá la información suficiente para continuar con la etapa de procuración requerida y comenzar con la construcción del complejo industrial.

Hoy en día es común incluir dentro del alcance de un proyecto IPC la **operación y mantenimiento**, en algunas ocasiones dependiendo del proyecto el alcance llega hasta el **desmantelamiento y reacondicionamiento del sitio** donde se llevó a cabo la construcción del complejo industrial, por lo que desde el desarrollo de la ingeniería se deberá considerar todos estos conceptos (Alvarado De La Fuente, 2016).

Para hacer frente a cada proyecto es necesario involucrar no solo a una disciplina si no a varias las cuales colaborarán en todas las etapas del proyecto de diferente manera, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran algunos tipos de proyectos, así como la relación de participación de cada disciplina, se puede notar que no en todos los proyectos participan las mismas disciplinas.

Tipo de proyecto	Disciplinas de ingeniería que participan
Proyectos de transporte vehicular	Civil, estructural, topógrafa, geofísica, eléctrica, mecánica, tráfico, ambiental, hidráulica
Proyectos de edificación comercial	Civil, estructural, topógrafa, geofísica, eléctrica, mecánica, tráfico, ambiental, hidráulica, instrumentación, industrial, arquitectura
Proyectos de irrigación	Hidráulica, civil, topógrafa, geofísica, eléctrica, ambiental, telecomunicaciones
Proyectos de plantas industriales	Química (procesos), física (procesos), mecánica, eléctrica, control, instrumentación, civil, estructural, topógrafa, geofísica, arquitectura

Figura II Tipos de proyectos Fuente: José Francisco Albarrán Núñez, Ingeniería de Proyectos en México, Academia de Ingeniería de México.

¿Qué es la administración de proyectos en ingeniería?

Administrar un proyecto de ingeniería es una tarea sumamente compleja ya que consiste en planear, organizar, dirigir y controlar todas las actividades que se llevan a cabo a lo largo del tiempo que dure el proyecto, la tarea se vuelve compleja debido a que se tendrán que optimizar todos los recursos (humanos y materiales) tratando de utilizar la mínima cantidad de ellos para lograr la calidad acordada por el cliente,

en el tiempo establecido y sin dejar ninguna tarea pendiente, con un número mínimo o nulo de fallas.

Realizar todo esto no es fácil ya que en la práctica se tienen limitantes de todo tipo y para lograr el éxito de un proyecto es necesario ayudarse de ciertas habilidades, conocimientos, herramientas y técnicas administrativas que serán fundamentales para lograr nuestro propósito.

Esta laboriosa tarea recae sobre el administrador de proyectos el cual tiene como objetivo llevar a cabo de la mejor manera las siguientes actividades:

- Analizar adecuadamente una situación de planificación que involucra múltiples intereses profesionales y éticos que pueden estar en conflicto e ir en contra del objetivo del proyecto, con el fin de tomar acciones pertinentes.
- Demostrar la capacidad de vanguardia al incorporar temas y herramientas de actualidad en la identificación, formulación y solución de un problema administrativo o de ingeniería del proyecto.
- Predecir en la medida de sus posibilidades impactos positivos o negativos, en términos económicos, ambientales, sociales, políticos, éticos, de salud, seguridad, constructibilidad y sostenibilidad en el desarrollo del proyecto.
- Planear todas las actividades de la etapa de ingeniería del proyecto, aquí se decide con anticipación quien, cómo, cuándo y por qué se hará el proyecto, así como la asignación de recursos.
- Organizar un grupo de trabajo con especialistas de las diferentes disciplinas que participaran en el desarrollo de los entregables de ingeniería.
- Dirigir eficazmente como líder de un equipo multidisciplinario a todos los interesados de un nivel jerárquico menor en el proyecto con el fin de conducirlos hacia metas establecidas.
- Comunicar y explicar los objetivos a todo el equipo del proyecto, asignar responsabilidades de acuerdo al puesto desempeñado, así como capacitar y guiar al equipo en ciertas tareas para llegar a los objetivos planteados.
- Incentivar el rendimiento a nivel individual o de gerencia, mantenido en todo momento un ambiente de cordialidad y motivación dentro del grupo.
- Controlar y optimizar todos los recursos ya sean humanos o materiales que se tienen a disposición para el proyecto, tratando siempre de ahorrar en todos los sentidos, aquí también se miden los rendimientos obtenidos en relación a las metas fijadas. En caso de haber desviaciones, se determinan las causas y se corrige lo que sea necesario.
- Explicar de una manera coloquial los conceptos básicos de la ingeniería del proyecto a los interesados que no manejen un lenguaje de especialización en ingeniería con el fin de tener una comunicación efectiva con todos los involucrados del proyecto.

La correcta administración de un proyecto de ingeniería se ve reflejada con la entrega del paquete de ingeniería que contempla los entregables de las diferentes disciplinas que participaron para el diseño del complejo industrial, cumpliendo en los rubros de tiempo, costo, alcance y calidad planteados desde el inicio.

Disciplinas que participan:

1. Ingeniería de Proceso.
2. Ingeniería Eléctrica.
3. Ingeniería Mecánica.
4. Ingeniería Civil.
5. Ingeniería de tubería e instrumentación.

El administrador del proyecto tendrá que supervisar de manera individual a cada responsable o gerente de especialidad con el fin de que se cumplan los objetivos en tiempo y forma, así como la correcta alineación con las disciplinas restantes.

Etapas del desarrollo de la ingeniería en un proyecto.

Como ya se mencionó con anterioridad todo el proceso evolutivo de ingeniería se realiza en etapas subsecuentes donde a medida que avanza el tiempo aumenta el número de entregables que se desarrollan por cada disciplina, así como la cantidad de información que aportan al proyecto (entregables más específicos), podemos decir que cada entregable tiene una fase de creación, maduración y finalización y que estas fases pueden suceder en una etapa o durante varias etapas del proyecto.

Tradicionalmente las etapas del desarrollo de la ingeniería se dividían en tres:

- Ingeniería conceptual.
- Ingeniería básica.
- Ingeniería de detalle.

Con el paso del tiempo se introdujo una división más conocida que se encuentra entre la ingeniería básica y la de detalle, esta división tomo el nombre de **ingeniería básica extendida**, esta división surgió debido al interés de optimizar el tiempo de ejecución del proyecto a nivel constructivo, ya que la ingeniería básica extendida da pie a comenzar tareas de procura temprana de equipos para el complejo industrial.

Cada una de estas etapas contiene una serie de entregables que son desarrollados por las diferentes disciplinas que participan en el proyecto, estos entregables, siguen una secuencia lógica y guardan una interrelación directa o indirecta con los otros entregables del proyecto.

Todo proyecto para plantas de proceso cuenta con los siguientes entregables que son desarrollado por cada especialidad, según sea el caso:

- Planos.
- Memorias de cálculo.
- Hojas de datos.
- Listas.
- Especificaciones.

Los cuales tendrán que ser definidos para cada especialidad de ingeniería de acuerdo al proceso al que se esté aplicando, una vez definidos estos tendrán que ser cuantificados, secuenciados e interrelacionados, para obtener un programa de trabajo para las diferentes especialidades de ingeniería.

Cuando se estima la cantidad de entregables de ingeniería es posible establecer un presupuesto para el desarrollo de ingeniería y un cronograma de las actividades que deben ser la base para la ejecución y también el objetivo para todos los involucrados. Generar un cronograma que sea congruente con las necesidades del proyecto y que siga una lógica de interacción entre disciplinas es fundamental para controlar los costos. En la *Figura III* se muestra un cronograma de ingeniería con las diferentes disciplinas, así como la interrelación que guardan.

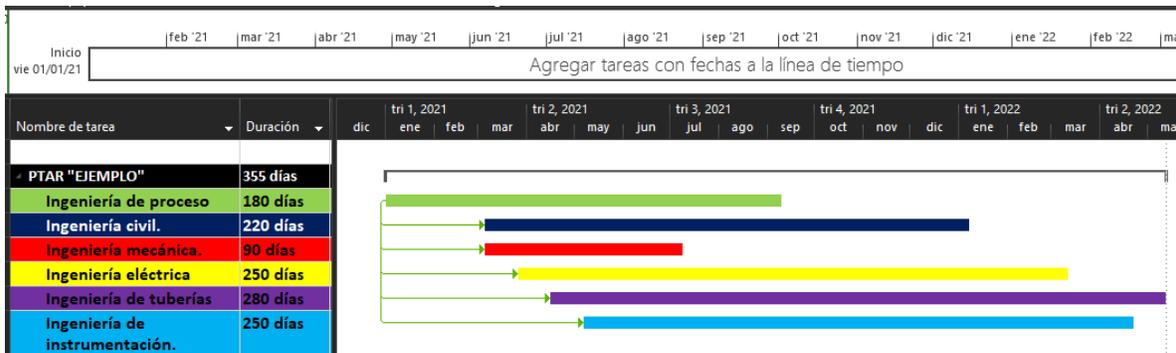


Figura III Cronograma de ingeniería (Elaboración propia)

Ciclo de vida de un proyecto de ingeniería.

Comúnmente cada proyecto se divide en varias etapas para mejorar el control y la administración estableciendo así vínculos con las actividades que se realizaron (predecesoras), están siendo realizadas y se realizarán (sucesoras). Esta división de etapas es de gran ayuda para el administrador de proyectos debido ya que permite un mejor control de los recursos destinados a cada actividad de las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto.

Las etapas del ciclo de vida en los proyectos de ingeniería son las siguientes:

Planeación de negocio (Análisis de factibilidad)

Planear un negocio es una actividad que tiene miras a dar como resultado un servicio o producto que se percibe como necesario o útil para determinado sector

de consumidores que en este caso deberá ser con un fin lucrativo, es decir el producto o servicio tendrá un mercado de consumidores.

La búsqueda de la posible oportunidad de negocio puede resultar bastante sencilla y poco tardada por ejemplo una calle sin pavimentar, pero otras veces se vuelve demasiado complejo el que el cliente comprenda la oportunidad de negocio que pueda traer la realización de una alternativa de proyecto u otra, por ejemplo, el dejar de importar combustibles para completar el abastecer un país.

Dentro de las organizaciones privadas se puede plantear un negocio a partir de una necesidad ya sea dentro del modelo de negocio interno por conseguir más activos o por fuentes externas que requieran de los servicios de alguna compañía para el desarrollo de proyectos del tipo IPC.

Para el caso de las organizaciones públicas estos proyectos muchas veces no se desarrollan por las instituciones por lo que se tienen que hacer subcontrataciones para el desarrollo de proyectos por lo que se realiza una convocatoria para concurso de licitación donde se recibirán diferentes propuestas con diferentes alternativas por parte de contratistas para resolver la necesidad o problema en términos de ingeniería, procura y construcción.

Todas las compañías ya sean públicas o privadas realizan su propuesta con miras a crear más activos internos, por lo que la correcta planeación de negocio dará pie a lograr en primera instancia ganar un concurso de licitación y posteriormente generar los activos deseados.

Planeación conceptual.

Es en esta fase es donde se define toda la infraestructura necesaria para cumplir los objetivos del negocio, gracias a el análisis de las diferentes alternativas que resultan de la identificación de la solución técnica para el caso de negocio. La deliberación de la alternativa estará basada en la mejor propuesta tecnológica que sea compatible con el sitio seleccionado para la inversión de capital.

Para mitigar la cantidad de errores conceptuales se deberá aplicar la regla de las 7P de la administración de proyectos en ingeniería:

- P**rior (Previa).
- P**roper (Apropiada).
- P**lanning (Planeación).
- P**revents (Prevenir).
- P**oor (Pobre).
- P**roject (Proyecto).
- P**erformance (Desempeño).

La traducción aplicada de estas palabras nos dice que: La correcta planeación previa previene un desempeño pobre en el desarrollo del proyecto.

El administrador del proyecto junto con su equipo de trabajo determinará un plan pronostico base para todo el proyecto que sirva como punto de comparación o evaluación del desempeño a futuro para después conforme a su realización, este pronóstico deberá ser constantemente monitoreado para identificar las desviaciones de este plan.

La planeación conceptual proporciona información sobre:

- ¿Qué trabajos técnicos se debe hacer en cada fase? (por ejemplo, el entregable del Balance de materia y energía ¿es parte de la fase de conceptualización o de la fase de ejecución?).
- ¿Quién debe participar en cada fase? (por ejemplo, los ingenieros especialistas civiles, ¿cuándo? y con qué información proporcionada por quién? Deberán comenzar a realizar los entregables.)

El conceptualizar un proyecto resulta de gran utilidad en etapas subsecuentes del proyecto ya que tanto el cliente como el contratista están seguros de lo que se entregará al término del proyecto, así mismo es de gran utilidad para detallar que se tiene contemplado dentro del presupuesto y por consiguiente el tiempo que tardará en ejecutarse.

Definición del alcance detallado (Definitivo).

En esta etapa se toma toda la información generada y se complementa hasta lograr un nivel de detalle para alcanzar las metas del negocio y del proyecto en general, las cuales fueron identificadas en etapas anteriores.

En esta fase se podrían desarrollar algunos trabajos de ingeniería básica extendida, y todos los entregables de ingeniería de detalle, así mismo se podría avanzar con otras etapas del proyecto a nivel de procuración o construcción, como lo son: adquisiciones de equipo critico o trabajos constructivos preliminares (ver Figura IV).

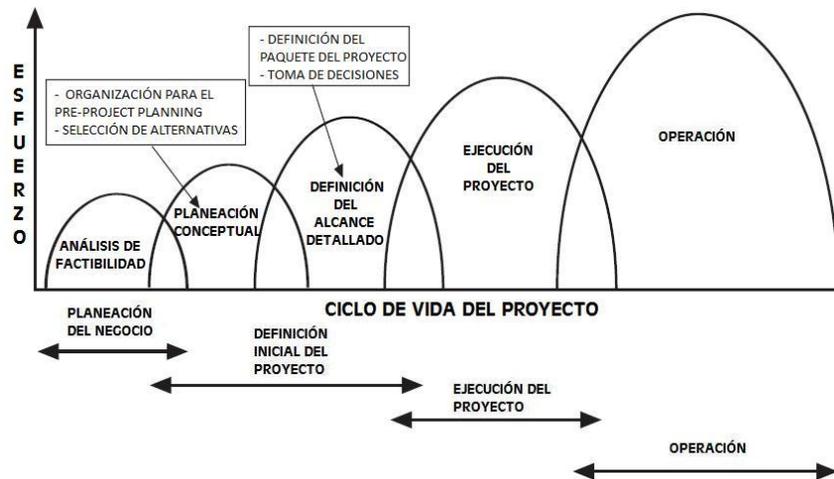


Figura IV Ciclo de vida del proyecto Fuente: Pre-Project Planing Handbook, special publication 39-2. Construction Industry Institute. The University of Texas at Austin, TX. April 1995.

Como se puede notar en la gráfica a medida que pasa el tiempo los arcos aumentan en tamaño lo que representa un incremento en el esfuerzo realizado por los involucrados en realizar las actividades de cada etapa, así como en los costos de cada etapa. La superposición entre las etapas suele ser donde se produce una “transición” y se toman decisiones, representa momentos críticos en el desarrollo del proyecto (Ortíz Ramírez, 2017).

¿Quién participa en un proyecto?

Los también llamados stakeholders son todos aquellos involucrados que vean afectado sus intereses ya sea negativa o positivamente durante el ciclo de vida del proyecto, estos stakeholders tienen la particularidad de que participan activa o intermitentemente en una o varias etapas del proyecto, ejerciendo un nivel de influencia de acuerdo a su interés en la realización del proyecto.

Desde un inicio se deberá identificar tanto a los interesados internos como a los externos para determinar los requisitos del proyecto y las expectativas de todas las partes involucradas (*ver Figura V*).

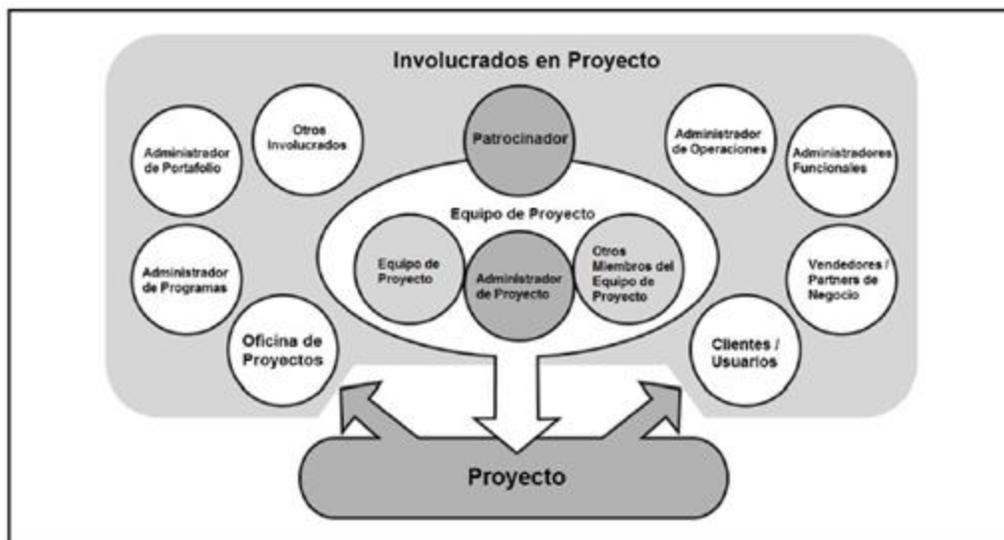


Figura V Involucrados en un proyecto Fuente: Benítez, M. T. (2015). Administración de proyectos basado en el PMI para empresas de servicios. CDMX UNAM.

El administrador de proyectos de ingeniería.

El administrador de proyectos es la persona asignada por la organización ejecutante para alcanzar los objetivos del proyecto en este caso del diseño de un complejo industrial, el cual deberá conducir a su equipo al cumplimiento de los objetivos determinados al principio del proyecto, y para esto deberá motivarlos e incentivarlos y cuando existan controversias afrontarlas juntos ya que cada integrante del equipo deberá ser tan importante como el mismo administrador de proyecto para cumplir los objetivos planteados.

Esta entidad tiende a seguir una serie de actividades secuenciales para ir avanzando en las etapas del ciclo de vida del proyecto, a continuación, se mencionan estas actividades de acuerdo a lo estipulado en el PMBOK.

- Gestión de la integración del proyecto.
- Gestión del alcance del proyecto.
- Gestión del cronograma del proyecto.
- Gestión de los costos del proyecto.
- Gestión de la calidad del proyecto.
- Gestión de los recursos del proyecto.
- Gestión de las comunicaciones del proyecto.
- Gestión de los riesgos del proyecto.

La dirección de proyectos efectiva requiere que el administrador del proyecto cuente con las siguientes características:

- Conocimiento y preferente experiencia en la administración de proyectos de ingeniería.
- Poner en práctica todos sus conocimientos y habilidades técnicas para la administración del proyecto.
- Ejecutar de manera adecuada las actividades del proyecto asignadas.
- Habilidad para influenciar de manera positiva al equipo de trabajo.
- Buena capacidad de comunicación.
- Mantener un comportamiento profesional y ético dentro de la compañía.

Cabe señalar que para desempeñar las tareas de la administración en el proyecto el administrador de proyectos debe contar además con habilidades de liderazgo.

¿Cuáles son las habilidades de un líder de proyecto?

Todos los seres humanos podemos llegar a ser líderes, es verdad que algunas personas desarrollan más sus habilidades, pero la mayoría de los buenos líderes cuentan con los siguientes atributos:

- Sabe captar la atención de su entorno.
- Tiene una fuerte ética de trabajo e integridad. Incluye la motivación y la entrega por realizar un buen trabajo.
- Tiene una actitud positiva.
- Tiene habilidades de comunicación.
- Sabe escuchar.
- Sabe administrar su tiempo.
- Tiene habilidades para resolver los problemas y los conflictos.
- Sabe trabajar en equipo.

- Tiene autoconfianza.
- Sabe controlar sus emociones
- Sabe autoevaluarse.
- Se conoce a sí mismo y a los demás.
- Esta capaz de equilibrar todos los roles de su vida.
- Tiene empatía.
- Tiene habilidades para aceptar y aprender de las críticas.
- Es flexible y adaptable ante los distintos escenarios.
- Sabe motivar a los demás.
- Sirve a los demás.
- Sabe tomar decisiones.
- Siempre busca actualizarse y mejorar sus habilidades.

Selección y evaluación del personal.

Los administradores del proyecto, generalmente, seleccionan a las personas que trabajarán en su proyecto o establecen un equipo ideal mínimo para el proyecto tomando en cuenta sus habilidades para el desarrollo del proyecto.

Redacción y presentación de informes.

Los administradores a cargo del proyecto son los responsables de informar a los clientes y contratistas sobre el proyecto. Deben redactar documentos concisos y coherentes que resuman la información crítica de los informes detallados del proyecto.

Beneficios en la administración de proyectos en ingeniería.

El Beneficio definitivo de poner en práctica las técnicas de Administración de Proyectos es tener un cliente Satisfecho, tanto si somos los clientes de nuestro propio proyecto.

Para un contratista significa que puede llevarlo a cabo en el futuro a negocios adicionales con el mismo cliente o a nuevos negocios recomendado previamente por clientes satisfechos.

Un proyecto es exitoso cuando:

- a) Alcanzan los objetivos, en el tiempo, con los costos previstos y la calidad acordada.
- b) El cliente queda satisfecho.
- c) El equipo de trabajo se consolida para futuros proyectos.

Software de apoyo para la Administración de proyectos.

Realizar el control, calendarización y programación de las actividades y los recursos que se asignaran a cada tarea tomaría demasiado tiempo si no se contara con herramientas que faciliten esta actividad. La mayoría de los softwares de gestión de proyectos están diseñados para hacer estas tareas mucho más sencillas y poder así predecir posibles cambios o variaciones antes de que afecten al proyecto.

Tabla 1 Software de Apoyo para la administración de proyectos. Fuente: Elaboración propia.

Software de apoyo para la Administración de Proyectos.	
Software	Descripción
Primavera Project Planner	Es la herramienta más completa para la gestión de proyectos. Esta permite la gestión de múltiples proyectos de gran tamaño, pudiendo crear grupos de estos, además dispone de herramienta para la nivelación avanzada que se puede realizar de forma manual o automática Usa la técnica CPM para la asignación de tiempos del proyecto y la nivelación de recursos.
Microsoft Project	Microsoft Project (MP) es una herramienta que sirve para la organización y gestión de una gran variedad de proyectos. Desde el cumplimiento de plazos de entrega y presupuestos hasta la elección de los recursos adecuados. Project es una herramienta sencilla e intuitiva que ayuda en la obtención de mejores resultados.
Micro Planner Manager	Es una herramienta con un modo de trabajo muy particular el cual resulta algo extraña al principio. Sin embargo, una vez que el usuario se acostumbra resulta muy práctica y cómoda de usar. Uno de los puntos más destacados con los que cuenta es que permite trabajar con diagramas PERT, donde las flechas y nodos indican precedencias.
Rescon	Es un paquete enfocado al aprendizaje se basa en la problemática de programación de proyectos con restricción de recursos. Esta herramienta incluye una lista programación simple y algunos algoritmos clásicos para la asignación de recursos.
ProMES	Es una herramienta orientada para propósitos académicos vincula a los estudiantes con los métodos CPM, PERT y RACI, sin embargo, no tiene un módulo para la asignación de recursos por lo que no es una herramienta tan viable en la práctica profesional.

El uso de estos softwares en la administración del proyecto beneficia mucho al administrador del proyecto ya que podrá secuenciar tareas, calcular rutas críticas, gestionar los costos del proyecto, así como los recursos.

Proyectos de ingeniería para la construcción de PTAR´s municipales.

La ingeniería en los proyectos de PTAR´s tiene como finalidad diseñar, mediante información técnica de procesos físicos, químicos y biológicos un proceso que

resulte eficiente para eliminar los contaminantes presentes en el agua que ha sido desechada por cierta comunidad, para que después de su tratamiento está sea reutilizada o devuelta al medio ambiente en condiciones adecuadas proporcionando así una mayor disponibilidad de este recurso vital.

Estas aguas residuales, por lo regular, tienen composiciones altamente complejas y normalmente se necesita modificar su composición para ajustarlas a un uso en particular. En consecuencia, se requiere una variedad de procesos de tratamiento para separar los diversos contaminantes que con seguridad se encontrarán.

Se conoce que en México solo 34 de cada 100 municipios cuentan con tratamiento de aguas residuales existen un total de 1,941 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en resumen se tiene que de los 2,457 municipios y alcaldías en nuestro país solamente 827 (34%) cuentan con este servicio (INEGI, 2017).

En la “**Tabla 2**” se muestran los municipios con un mayor número de plantas de tratamiento de aguas residuales, a su disposición cabe señalar que los municipios restantes necesitan ser atendidos en materia de, salud y medio ambiente ya que no cuentan con las suficientes plantas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 2 Entidades seleccionadas con mayor disponibilidad del servicio de tratamiento de aguas residuales municipales 2017. Fuente: INEGI. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2018. Módulo 5 Agua Potable y Saneamiento.

Entidad federativa	Total de municipios y delegaciones	Disponibilidad del servicio de tratamiento de aguas residuales municipales		
		Con servicio	Sin servicio	Sin información
Estados Unidos Mexicanos	2,457	827	1,628	2
Chihuahua	67	36	31	0
Durango	39	35	4	0
Guanajuato	46	36	10	0
Jalisco	125	63	62	0
México	125	57	68	0
Nuevo León	51	48	3	0
Oaxaca ^a	570	117	451	2
Puebla	217	34	183	0
Veracruz	212	57	155	0
Zacatecas	58	34	24	0

De la “**Tabla 2**” se puede concluir que se necesita un mayor número de proyectos del tipo IPC para satisfacer la demanda a lo largo del país y según la tendencia de natalidad este valor de deficiencia en el servicio de tratamiento irá en aumento al pasar de los años, lo que implica que el diseño de las futuras PTAR’s deberán ser más eficientes en términos técnicos, temporales, presupuestales y de satisfacción de la necesidad.

Capítulo 2 Tratamiento de aguas residuales por lodos activados.

El tratamiento de aguas residuales, es un sistema utilizado para remover contaminantes del agua. Eventualmente el agua usada se descontamina a través de medios naturales, pero eso requiere mucho tiempo, en una planta de tratamiento se acelera este proceso. Así que podemos reutilizar el agua en actividades diversas como la agricultura, la industria y la recreación.

En las plantas de tratamiento se pretende optimizar los diseños para cada aplicación o tipo de tratamiento dependiendo de los contaminantes contenidos en el agua. Dados los avances tecnológicos que aparecen día a día y a la cada vez mayor globalización, los elementos que conforman el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales pueden ser de lo más diverso.

El proceso de saneamiento inicia desde el momento en que el agua potable es utilizada y arrojada a drenaje, así la red de drenaje se convierte en la columna vertebral para la captación y transporte de aguas negras o residuales.

Las impurezas se encuentran en el agua como materia en suspensión, como material coloidal o como materia en solución; mientras que la materia en suspensión se separa por medio mecánico, con intervención o no de la gravedad, la materia coloidal requiere un tratamiento fisicoquímico preliminar y la materia en solución puede tratarse en el propio estado iónico o precipitarse y separarse utilizando procesos semejantes a los empleados para la separación de los sólidos inicialmente en suspensión (CONAGUA, 2020).

La mejor forma de tratar aguas residuales dependerá de una serie de factores característicos, tales como: el flujo, la composición, las concentraciones, la calidad requerida o esperada del efluente y las posibilidades de reutilización de la misma.

Comúnmente una planta de tratamiento de aguas residuales por lodos activados maneja varios niveles de tratamiento:

Pretratamiento

El pretratamiento es una etapa donde se descontamina el agua mediante métodos de separación físicos, en esta etapa se remueven principalmente sólidos suspendidos en el agua residual como lo son, madera, basura y restos orgánicos e inorgánicos mediante rejillas de separación, así mismo se eliminan partículas pesadas como arena, grava o algunas semillas mediante desarenadores.

Así mismo en esta etapa se cuenta con una trampa de grasas y aceites para eliminar estos residuos utilizando la propiedad de densidad.

Tratamiento primario

Este tratamiento consiste en remover las arenas o comúnmente llamados lodos mediante un tanque clarificador donde las partículas más pesadas que son las de lodo se sedimentan en el fondo del tanque y son removidas para su posterior tratamiento y disposición.

Tratamiento secundario.

Este tratamiento se realiza mediante un tanque de aireación el cual se conoce como reactor biológico ya que mediante el oxígeno alimentado se contribuye al crecimiento bacteriano y esto provoca que las bacterias benéficas consuman los contaminantes que no fueron removidos previamente.

Tratamiento avanzado.

Después de los tratamientos anteriores se ha logrado aproximadamente eliminar un 85% de los contaminantes presentes en el agua residual y lo que queda son nutrientes que favorecen al crecimiento de flora acuática que se presenta en forma de algas y lirios flotantes los cuales son retirados en un tanque conocido como cárcamo de sobrenadantes el cual posee una rastra que elimina estos desechos.

Desinfección.

Esta es la última etapa del tratamiento, como se mencionó aún quedan el 15% de contaminantes que son particularmente nutrientes como el fósforo y el amoníaco los cuales pueden ser eliminados mediante el método de cloración agregando al agua residual cierta cantidad de cloro en un tanque de cloración o bien mediante contacto con luz UV que puede ser propiciado por el paso del agua a través de una fosa con un sistema de mamparas que en su interior cuentan con varias lámparas que proveen luz UV.

A continuación, se muestra un esquema del tratamiento por lodos activados:

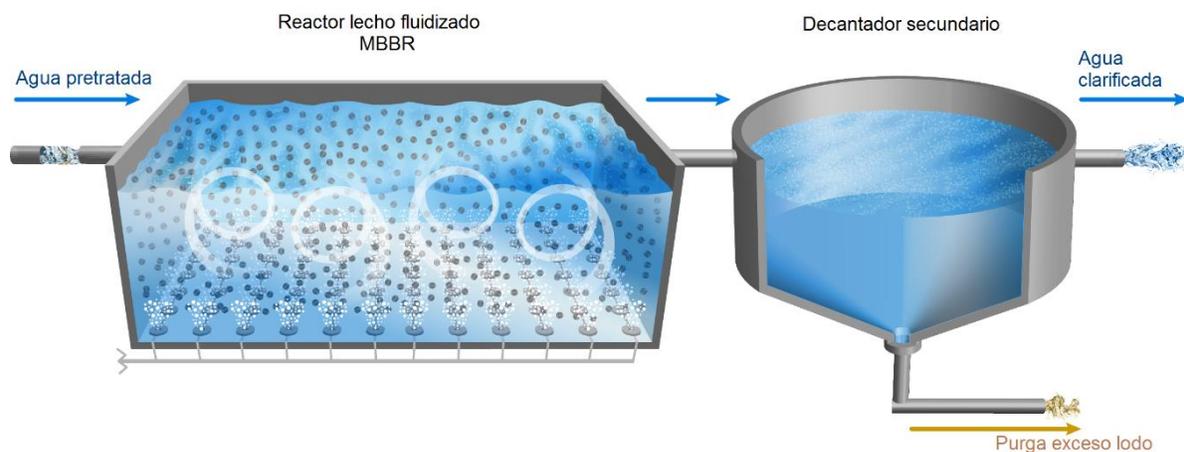


Figura VI Proceso de tratamiento por L.A. Fuente: <https://www.gedar.com/residuales/tratamiento-biologico-aerobio/bioreactor-lecho-movil-mbbr.htm>

Capítulo 3 Metodología FEL

Origen

La historia del desarrollo de esta metodología según algunos autores fue por parte de la compañía Dupont ® a finales de la década de los 80's, aunque hay indicios que el desarrollo de la metodología fue hecho por el Independent Project Analysis (IPA), así como existen documentos que mencionan que fue el Construction Industry Institute (CII) ,de cualquier manera la metodología FEL es el resultado del trabajo en conjunto por parte de especialistas de la construcción y de la ingeniería, así como inversionistas, empresarios, académicos y administradores.

Esta metodología ha sido adoptada a nivel mundial por grandes corporaciones tales como Chevron ®, Shell ®, PDVSA ®, Exxon ®, Repsol ®, entre otras, cabe señalar que estas compañías tomaron el uso de la metodología FEL como un proceso innovador en el desarrollo de proyectos de inversión.

Esta metodología también se conoce con los nombres de Front End Definition, Front End Engineering, Front End Planning y Pre-Project-Planning, entre otros. Además de lo anterior las compañías que adoptaron FEL lo hicieron adaptándolo a sus propias necesidades y cultura de negocios. Lo anterior da como resultado que el FEL tenga varios sinónimos y tantos modelos específicos como compañías lo hayan adecuado. Variaciones de la misma metodología se conoce con los nombres de Front End Definition, Front End Engineering, Front End Planning y Pre-Project-Planning, entre otros.

Es importante recalcar que esta metodología es eficaz tanto para grandes compañías, así como para corporaciones más pequeñas, no importando si pertenecen al sector público o privado.

Beneficios de realizar proyectos bajo la metodología FEL.

La aplicación efectiva de la metodología FEL provee una base sólida para obtener resultados exitosos en el proyecto como la oportunidad de disminuir el costo y maximizar el valor presente neto (VPN), asegurarse de que los entregables realizados cumplan con la calidad requerida, controlar de una manera más estructurada el tiempo en el que se realizan las actividades programadas y lo más importante cubrir con los objetivos del alcance establecido.

Investigaciones realizadas a nivel internacional indican que desarrollar las tres etapas FEL adecuadamente en los proyectos puede reducir los costos entre 10 y 20% si se comparan con el costo promedio de proyectos similares que no utilizan la metodología FEL o lo hacen de manera deficiente.

Comúnmente se ha visto una tendencia promedio que durante el ciclo de vida de un proyecto el mayor ahorro ocurre en la fase de planeación y diseño, mismo que

representa un 5% de la inversión total con un impacto en el 95 % restante de las inversiones que contempla la procura y la construcción.

Es por ello que se recomienda en el presenta trabajo que todos los proyectos de inversión sean diseñados siguiendo las fases de la metodología FEL.

Algunos de los elementos que se pueden potencializar en cualquier organización al utilizar la metodología FEL son:

- Consolida la colaboración corporativa al reunir el mejor talento disponible tanto técnico como administrativo.
- Mejorar el flujo de información entre las actividades de una fase y la siguiente, asegurando continuidad en el proceso de formulación del proyecto.
- Incorpora la identificación y análisis de la incertidumbres y riesgos, desde las fases tempranas, para prever medidas de administración y mitigación, lo cual asegura una visión más completa en la evaluación de diferentes alternativas.
- Brinda información más completa y consistente a la dirección del proyecto para obtener un proyecto más rentable y adecuadamente jerarquizado como resultado.
- Facilita el registro y divulgación de las mejores prácticas y lecciones aprendidas.
- Mejora la posibilidad de que la etapa de procura y sobre todo construcción sufran los mínimos cambios, lo que contribuye a tener una mejor rentabilidad de la inversión.

El objetivo de la realización del proceso FEL es maximizar las posibilidades de éxito del proyecto en términos de tiempo, costo, alcance y calidad (*ver **Tabla 3***).

Tabla 3 Objetivos de las etapas de la metodología FEL. Fuente: M.I. José Antonio Ortiz Ramírez Presentación Ing.y administración de proyectos 2019.

<i>Etapas</i>	<i>Objetivo</i>
<i>FEL 1</i>	<i>Validar la oportunidad de negocio y elegir las alternativas que serán analizadas durante FEL II</i>
<i>FEL 2</i>	<i>Estudiar opciones identificadas y encauzar el proyecto a una opción, refinar premisas, actualizar indicadores económicos e iniciar el proceso de definición</i>
<i>FEL 3</i>	<i>Desarrollar el alcance detallado, el plan de ejecución y el estimado de costo para la alternativa seleccionada en FEL II</i>

Por lo regular los administradores de proyecto que recurren a la utilización de esta metodología utilizan el proceso de “compuertas” para restringir el avance hacia la siguiente etapa si no se cumple con la garantía de que sea viable el proseguir. Este proceso implica el desarrollo de entregables que proporcionarán información estratégica para la toma de decisiones en relación a los riesgos que existen si se decide continuar comprometiendo recursos en el proyecto (ver **figura VII**).

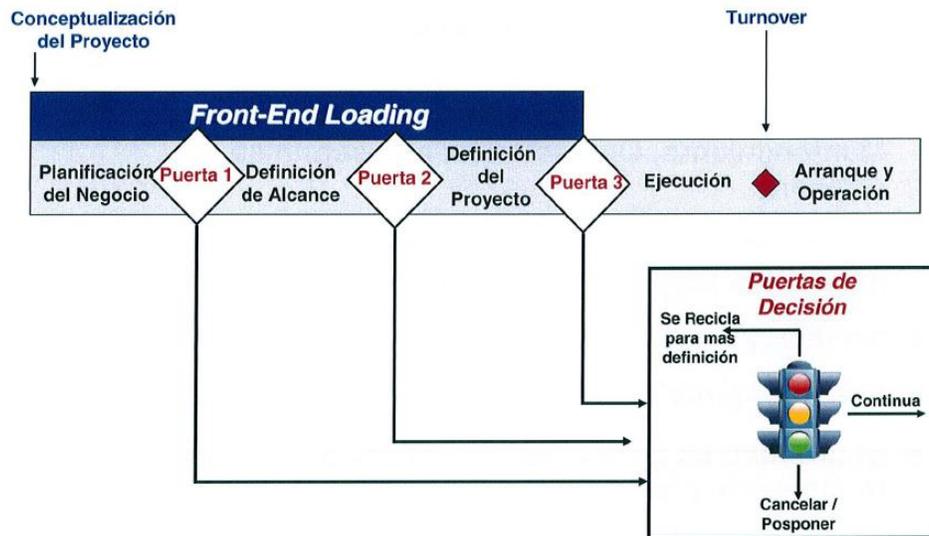


Figura VII Compuertas FEL Fuente: Pre-Project Planning Handbook, special publication 39-2. Construction Industry Institute.1995

Para lograr avanzar hacia la siguiente compuerta el equipo de proyectos deberá haber validado y autorizado los documentos de ingeniería y estimados de costos, que conforme avance el tiempo sustentarán el correcto grado de definición, y serán referentes sobre la toma de decisiones sobre la continuidad, cancelación o reevaluación en esta fase temprana del proyecto.

Cabe señalar que todos los entregables realizados en cada compuerta deberán ser revisados por un tercero experto, con el fin de contar con un dictamen de su contenido. Esto con el fin de tener la calidad adecuada y la certeza de que se está avanzando de una manera correcta en el desarrollo de esta fase del proyecto.

Una vez que concluye toda la etapa FEL se esperarían los siguientes beneficios:

- Correcta verificación de la calidad de los entregables que previene el inicio prematuro en etapas posteriores.
- Contar con un alcance bien definido (dar una mayor certeza en tiempo y costos planeados).
- Contar con un sistema efectivo de desarrollo de entregables.
- Reducción del costo del proyecto hasta en 20%.
- Reducción del tiempo de ejecución del proyecto.
- Influir en el resultado del proyecto desde sus fases tempranas.

Analizando el tema del costo de un proyecto, se puede observar en la (**figura VIII**) que a medida que se avanza en las etapas de FEL, existe una tendencia contraria entre la influencia de la información del proyecto y los costos del proyecto, esto debido a que durante las primeras 3 etapas de la metodología se realizan todos los entregables relacionados a la información de la viabilidad de todos los aspectos del proyecto.

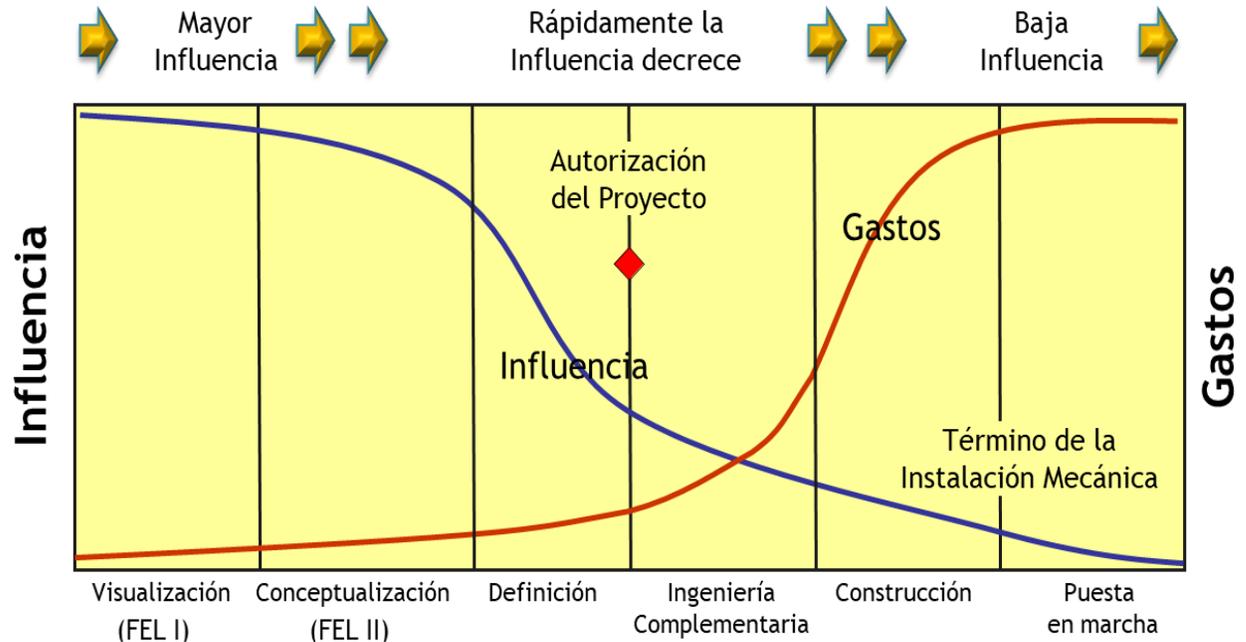


Figura VIII Curva de influencia y de costos para el ciclo de vida del proyecto. Fuente: Pre-Project Planning Handbook, special publication 39-2. Construction Industry Institute.1995

Haciendo un análisis a la **figura VIII** podemos concluir que existe un punto de intersección donde ya se han iniciado los trabajos de procura, esto implica que un cambio o un error en las anteriores etapas, tendría una alta repercusión en el costo del proyecto.

El IPA también hace referencia a que hay tres fases de ingeniería presentes en la metodología FEL y a estas fases las denomina como **FEED** (Front End Engineering Development), en las cuales se incluye la ingeniería conceptual (fase de conceptualización) ingeniería básica y básica extendida (fase de definición) y por último la ingeniería de detalle (fase de ingeniería complementaria). Como se puede observar solo las fases de ingeniería conceptual y básica se encuentran en el ciclo FEL (FEL II y FEL III, respectivamente), la fase de ingeniería de detalle se verá contenida en los trabajos realizados en la fase de ejecución.

Cabe señalar que cada compañía que aplica la metodología FEL maneja su propia estructura y lista de entregables, para el presente trabajo nos basaremos en el Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos (SIDP) de PEMEX ya que conjunta las mejores prácticas internacionales para gestión de proyectos y es un modelo que

se ha aplicado en México por la empresa más grande a nivel nacional y que es un gran referente en la realización de proyectos de inversión en complejos industriales.

Factores críticos de éxito de la metodología FEL

Aunque formalmente en un proyecto se busca principalmente cumplir con los rubros de tiempo, costo, alcance y calidad, complementario a estos existen elementos que pueden conducir a un proyecto a un perfil de éxito o de falla.

Cabe señalar que todos estos elementos están totalmente relacionados con las decisiones que toma el administrador de proyectos.

Perfil de éxito	Elemento de proyecto	Perfil de fracaso
Comprometido	Patrocinador	Ausente
Claros	Objetivos	Supuestos
Involucrado	Cliente	No involucrado
Diseñados	Recursos	Inapropiados
Definidos	Requerimientos	Incompletos
Disciplinada	Planeación de proyecto	Inadecuada
Acordado	Alcance	Sin control

Figura IX Los siete elementos más críticos de un proyecto https://www.eoi.es/wiki/index.php/La_Idea_de_Negocio_en_Proyectos.

Últimamente existe una tendencia que marca que los clientes piden que el proyecto se termine en un tiempo reducido y con la menor cantidad de recursos económicos posibles. Bajo estos requerimientos la metodología FEL puede tener algunas complicaciones en su desarrollo ya que si se mueve alguno de los cuatro elementos principales a cumplir en el proyecto (tiempo, costo, alcance y calidad), afectará directamente a los otros tres.

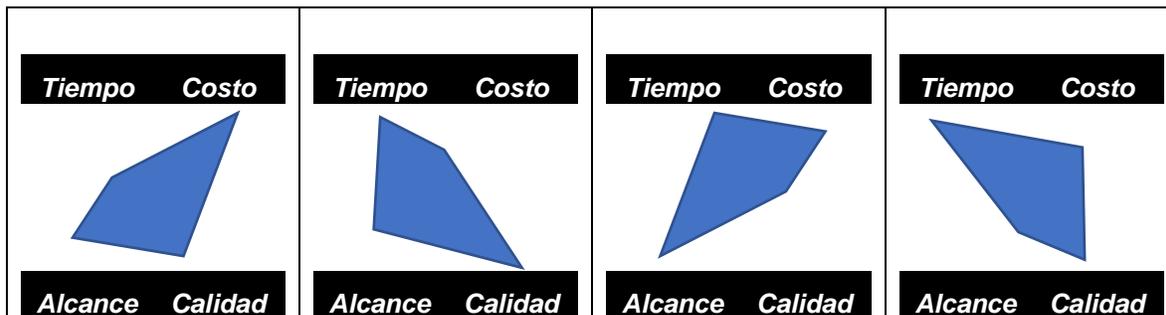


Figura X Efecto de la reducción de los elementos principales de un proyecto. Fuente: (Elaboración Propia).

Como se puede observar en la *Figura X* cuando se trata de darle prioridad a un elemento por encima de los demás, se tiene como resultado una variación en los 3 elementos restantes lo que provoca un impacto negativo para el proyecto en esos rubros, idealmente lo que se busca es que los 4 elementos principales tengan la misma importancia durante todo el proyecto como se observa en la *Figura XI*.

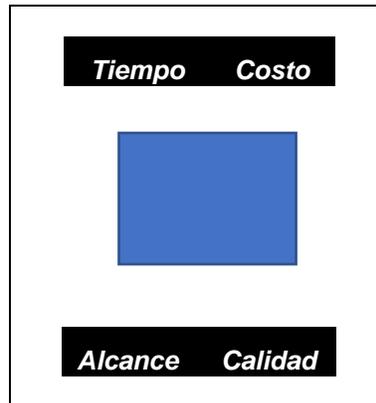


Figura XI . Figura ideal de la distribución de importancia de los elementos principales de un proyecto. Fuente: (Elaboración Propia)

Bajo este concepto de idealización en los proyectos el CII ha reconocido seis factores que afectan significativamente el éxito de un proyecto, y que toda unidad de negocio debería considerar como puntos básicos en un proyecto (Perth, 2002), los cuales son:

- La cantidad necesaria para incrementar el diseño del trabajo de ingeniería total en horas de trabajo completadas debe ser entre el 10 y 25% antes de la autorización del proyecto.
- Desarrollo de la carta proyecto
- Desarrollo de líneas base de control del proyecto
- Preparar el Plan de ejecución del proyecto
- Adecuado número de organismos participantes en el Front End Loading
- Desarrollar un Plan para el Front End Loading.

Capítulo 4 Guía para la administración de proyectos en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Descripción General.

La presente guía está enfocada a ser usada por el administrador de proyectos durante el desarrollo de la ingeniería en proyectos de construcción de PTAR's municipales. Aunque también podrá ser consultada para otros proyectos que guarden o no relación con el de PTAR's municipales, al igual que para fines académicos y/o de investigación.

Esta guía conjunta las enseñanzas de las mejores prácticas internacionales, criterios de especialistas, los mejores procedimientos, así como fragmentos relevantes de dos de las mejores metodologías que existen para la gestión de proyectos (FEL y PMI). Todo esto enfocado en su totalidad al desarrollo de la ingeniería en proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

Como se mencionó en la introducción de acuerdo a las limitantes temporales, está guía no cuenta con alguna certificación por parte de algún organismo que pudiera validar los conceptos que se mencionan, por lo que se sugiere la utilización de la presente guía únicamente para consulta y como complemento del conocimiento del especialista encargado de la administración del proyecto.

El administrador de proyectos podrá consultar la guía desde su asignación al proyecto hasta que se haya entregado el libro de ingeniería de detalle (FEL III) donde se habrá hecho la evaluación de la viabilidad del proyecto en diferentes aspectos.

Los elementos presentes en esta guía están sujetos a la normativa de SEMARNAT y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que es principal organismo encargado de proyectos de PTAR's en México, esta guía también contará con referencias de normatividades nacionales e internacionales en temas específicos técnicos del proyecto y con referencias específicas a normas de calidad del agua para consumo humano vigentes a nivel nacional.

Integración y análisis de la información.

Para que la información generada a partir de la presente guía sea adecuada, debe apegarse a las guías operativas del "Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento" proporcionado por CONAGUA:

- Metodologías de evaluación socioeconómica y estructuración de proyectos.
- Establecimiento de medidas preventivas de seguridad y diseño de obras.
- Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado.
- Diseño de PTARS municipales: Pretratamiento y tratamiento primario.

- Diseño de PTARs Municipales: Lagunas de estabilización.
- Diseño de PTARs Municipales: Reactores anaerobios de flujo ascendente.
- Diseño de PTARs Municipales: Filtros anaerobios de flujo ascendente.
- Diseño de PTARs Municipales: Humedales artificiales.
- Diseño de PTARs Municipales: Zonas rurales, periurbanas y desarrollos ecoturísticos.
- Diseño de PTARs Municipales: Proceso de oxidación Bioquímica.
- Diseño de PTARs Municipales: Procesos avanzados con fines de reúso.
- Diseño de PTAR Municipales: Tratamientos no convencionales
- Diseño de PTARs Municipales: Saneamiento básico.

Marco Normativo

El presente trabajo está orientado a ser utilizado en territorio nacional por lo que se recomienda que el desarrollo de la ingeniería para el proyecto, este sujeto a la siguiente normatividad.

- SEMARNAT “Normas Oficiales Mexicanas NOM” y su reglamento.
- CONAGUA “Normas Oficiales del Sector Agua” y su reglamento.
- SEMARNAT & CONAGUA “Normas Oficiales Ecológicas”
- Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria de Salud.

Leyes

- Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente y su reglamento en materia de evaluación de impacto ambiental.
- Ley federal de Aguas.

Normas

Tabla 4 Normas aplicables al diseño de PTAR´s Fuente: (elaboración propia)

CONAGUA	Lineamientos técnicos para la elaboración de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
ASTM	American Standard for Testing and Materials.
ANSI	American National Standard Institute.
ANSI B16.3	Malleable iron Threads Fittings.
ANSI B16.5	Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings.
ANSI B16.9	Factory Made Wrought Steel Pipe.
ANSI B36.10 M	Welded and Seamless, Wrought Steel Pipe.
ANSI /UL 698	Industrial Control Equipment.
AWS D.1.1	American Welding Society.
A.S.M.E.	American Society of Mechanical Engineers.
ASME SECCIÓN IX	Nondestructive Examination, Welding and Brazing Qualifications.
ASME SECCIÓN V	Unfried Pressure Vessels.
ASME SECCIÓN VIII	Boiler and Pressure Vessels.
ASME B31.4	Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids.

AISC	American Institute of Steel Constructions.
AWWA	American Water Works Association.
ISA RP55.1	Instruments, Symbols and Identification.
ISO-630	International Organization for Standardizations. (Aceros Estructurales).
NEMA ICS 6-78	Enclosures for Industrial Control and Systems.
NEMA ICS-1	Industrial Control and Systems. General Requirements.
NEMA PB-1	Panel Boards.
NFPA 30, 2000 ED.	Flammable and Combustible Liquids Code.
NFPA 70, 1996 ED.	National Electrical Code (NEC)
NMX-O-141 1971	Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Primary Elements and Control Valves.
ACI 318	American Concrete Institute: Code Requirements for Structural Concrete.
ACI 350	American Concrete Institute: Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures.
I.MC.A.	Instituto Mexicano de la Construcción en Acero.
HIS	Hydraulics Institute Standard
CFE	Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Anteproyecto (Planeación del proyecto).

Desarrollo del plan para la dirección del proyecto.

La base metodológica de esta guía estará basada de igual manera en procesos de planeación ya que es la actividad que contempla más complejidad en el proceso administrativo, pero es también la actividad que nos proporciona la información necesaria para responder las siguientes preguntas con relación a los entregables de ingeniería:

- ¿Qué se va a hacer?
- ¿Quién lo va a hacer?
- ¿Como se va a hacer?
- ¿Cuándo se va a hacer?
- ¿Cuánto costará?

Debido a que el alcance del proyecto a estudiar es de carácter técnico (desarrollo de ingeniería) todos estos conceptos estarán agrupados en una sección llamada “**Anteproyecto**” que definirá el cómo se gestionarán las áreas de conocimiento principales del proceso administrativo del proyecto.

Este proceso consiste en integrar todos los procedimientos y actividades necesarios para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes y componentes necesarios para lograr la correcta dirección del proyecto, de manera que estos planes interactúen de forma lógica entre sí y no se apliquen de forma aislada unos de otros, cumpliendo de esta manera con los requisitos de los interesados.

Este plan debe contener:

- Plan de gestión del alcance.
- Plan de gestión del cronograma.
- Plan de gestión de costos.
- Plan de gestión de la calidad.
- Plan de gestión de los recursos humanos.
- Plan de gestión de las comunicaciones.
- Plan de gestión de los riesgos.
- Plan de gestión de las adquisiciones.
- Plan de gestión de los interesados.
- Plan de gestión del conocimiento.
- Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto.

Para tener un mejor control en la planificación de cada etapa FEL el administrador del proyecto deberá liderar a cada uno de sus gerentes para que a su vez estos coordinen a su gerencia para llevar a cabo los entregables definidos necesarios para el diseño de la PTAR, cabe señalar que cada gerente de especialidad deberá tener una planeación específica dentro de su gerencia alineada a la planificación general.

Cada administrador de proyectos tiene una metodología respetable en términos de las actividades que implementa en el proceso de dirección y gestión del trabajo, más sin embargo a continuación se enlistarán algunas recomendaciones que comúnmente se utilizan:

- Realizar las actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados.
- Cumplir con los tiempos establecidos para la generación de los entregables por cada especialidad de ingeniería.
- Capacitar, orientar y dirigir adecuadamente a los miembros del equipo del proyecto.
- Gestionar adecuadamente los recursos, tanto materiales como humanos.
- Implementar los métodos y procedimientos planificados.
- Establecer y gestionar los canales de comunicación principalmente con los gerentes de las diferentes especialidades.
- Analizar solicitudes de cambio para su posible aprobación o rechazo.
- Recopilar y documentar las lecciones aprendidas.

Plan de gestión del alcance.

El planear un alcance consiste en determinar los límites que describen el trabajo o actividades que serán desarrolladas para la entrega de un producto, en un determinado tiempo, con la calidad acordada por el cliente sin rebasar el

presupuesto asignado para el proyecto, en este caso un libro de ingeniería para la construcción de una PTAR.

Cuando un proyecto se encuentra en la etapa de diseño como es el caso a pesar de contar con pocos detalles, es importante definir un alcance, que puede o no cambiar de acuerdo a la cantidad de información con la que se cuente, para definir un alcance hay que considerar principalmente los requerimientos del cliente o usuario, así como la oportunidad de negocio identificada en cartera, con estos dos conceptos se determinan: la necesidad de la instalación, los objetivos de negocio para el proyecto, la capacidad de la instalación, requerimientos, posibles tecnologías y sitios de probable construcción de la PTAR. Con todo lo anterior se prepara un caso de negocio y su justificación económica.

El diseño de la PTAR se desarrollará en las fases FEL I, II y III, las cuales establecerán las pautas para llevar a cabo los procesos y procedimientos adecuados, esto con el fin de que se reduzcan la probabilidad de contar con errores para etapas posteriores del proyecto.

En la fase FEL I (conceptualización) se evaluarán los antecedentes y demás factores que puedan afectar al diseño.

En la fase FEL II (Visualización) se desarrollan parámetros de diseño los cuales se ven reflejados en la ingeniería básica y básica extendida.

En la fase FEL III (Definición) se establecerá la viabilidad del diseño que tendrá como soporte todos los entregables planteados por cada especialidad de ingeniería, en dicho punto finalizará este proyecto.

Se puede decir que el plan de gestión del alcance contempla los siguientes conceptos:

- a) Definición de grado de detalle del alcance de cada fase del proyecto.
 - Alcance de los trabajos de ingeniería para el proceso de tratamiento.
 - Alcance de los trabajos de ingeniería para el proceso de los servicios auxiliares de la PTAR.
- b) Elaboración de la estructura de desglose de trabajo (WBS)

Definición del grado de detalle del alcance de cada fase del proyecto.

Con respecto al grado de detalle que tendrá la definición del alcance de cada fase, se tendrá que actualizar previo a iniciar las etapas de la presente guía ya que detallar el alcance permitirá establecer los entregables que tendrán que realizarse y por lo tanto tener un mayor control sobre las actividades realizadas por el equipo del proyecto.

Por lo que en cada una de las fases (Visualización, Conceptualización y Definición) se tendrá que especificar que trabajos se realizarán, en cuanto tiempo se realizarán y que especificaciones deberán tener para cumplir con el alcance establecido.

Cabe señalar que, si bien el grado de detalle de la definición del alcance se verá modificado a través de las fases del proyecto, el alcance y los objetivos que se plantearon en el “charter del proyecto” deberán ser los mismos.

El alcance general del proyecto que se establece deberá contener los siguientes conceptos:

- Detallar los objetivos (tiempo, costo y calidad) con los que se dará por concluida la fase.
- Justificación del proyecto.
- Descripción del diseño donde se contemple el efluente tratado con las especificaciones técnicas y comerciales que adecuen a la normatividad vigente.
- Exclusiones preliminares del proyecto, donde se detallen las actividades o entregables que no deberán ser elaborados.

A su vez el grado de definición con el que se especifique el alcance de cada fase del proyecto deberá atender a los siguientes conceptos:

- a) Definir los entregables para los diseños de la disciplina de ingeniería de proyectos.
- b) Definir los entregables para los diseños de la disciplina de ingeniería de proceso.
- c) Definir los entregables para los diseños de la disciplina de ingeniería civil.
- d) Definir los entregables para los diseños de la disciplina de ingeniería eléctrica.
- e) Definir los entregables para los diseños de la disciplina de ingeniería mecánica.
- f) Definir los entregables para los diseños de la disciplina de ingeniería de tuberías e instrumentación.

Estructura de desglose de trabajo EDT (WBS).

Por sus siglas en inglés el Work Breakdown Structure es un entregable que divide de una manera jerárquica las actividades para el proyecto, realizar una estructura de este tipo nos ayuda a organizar y definir los trabajos que se requieren para realizar un entregable, esta definición nos ayudará a asignarle un requerimiento de recursos humanos y económicos, lo que dará como resultado un estimado más preciso en los aspectos de costo y tiempo para el proyecto.

Las características que deben tener estas actividades en la EDT son:

- Ser únicas.
- Definición de la duración para su desarrollo en horas hombre (H/H).
- Definición del costo que representa su desarrollo.
- Definición del recurso quien la llevará a cabo.

Cuando se realiza la descomposición de los niveles jerárquicos de las actividades se recomienda que se llegue hasta el máximo nivel posible de detalle, así mismo se debe mencionar que la EDT se deberá de ir actualizando a lo largo de las fases del proyecto, debido al volumen de información con la que se cuenta.

La EDT muestra gráficamente los elementos que representan todo el trabajo que debe ser realizado con relación al programa y al plan de ejecución. La EDT se compone de diferentes niveles de jerarquización que permiten desglosar el alcance del proyecto en todos sus componentes agrupados según el nivel correspondiente.

Plan de gestión del cronograma.

La correcta gestión del tiempo agrupa una serie de procesos que deberán ser desarrollados por el administrador del proyecto y por los gerentes de especialidad, ya que es de suma importancia la interacción tengan las diferentes disciplinas de ingeniería entre sí para el adecuado desarrollo de estos procesos.

La gestión del tiempo estará sumamente relacionado al desarrollo de una adecuada EDT ya que, con la información obtenida de esta, sabremos que disciplina en cada fase del proyecto, tendrá que desarrollar ciertos entregables que en la mayoría de ocasiones se interrelacionan con otros.

El proceso recomendado para la correcta gestión del tiempo, es el siguiente:

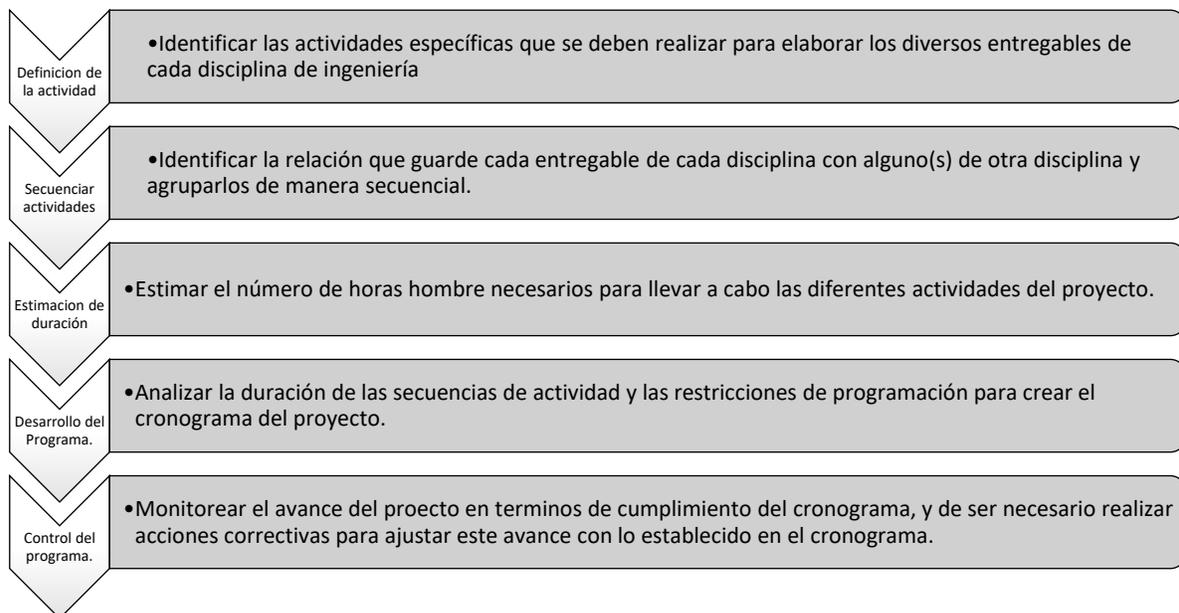


Figura XII Proceso de la gestión del tiempo en proyectos Fuente: (Elaboración Propia)

Definición de las actividades (documentos).

Esta definición partirá del juicio de los expertos ya que los diseños de las PTAR's no siempre son los mismos, por consiguiente, no siempre contienen los documentos entregables.

En apartados posteriores expondremos una lista de los entregables que se recomiendan para el diseño de una PTAR.

Cabe señalar que hay actividades que propiamente no tienen un tiempo determinado para su ejecución pero que forzosamente son necesarias en el desarrollo del proyecto ya que son actividades que sirven de referencia para agrupar el fin o el inicio de una etapa en el proyecto, estas actividades son llamadas "Hitos", los hitos más comunes son:

- Firmas de contratos.
- Entrega de paquetes de ingeniería.
- Reuniones de avance.
- Inicio de fases del proyecto.
- Entrega final del proyecto.

Secuenciación de actividades.

Para la correcta gestión de las actividades programadas se necesitará organizarlas de manera cronológica y secuenciada, por lo que es de suma importancia contar con una referencia de proyectos pasados acerca del tiempo que se toma realizar cada entregable y las actividades que lo componen, así como la relación que guardan unas de otras.

Para calendarizar un proyecto hay que tener en cuenta que existes actividades "Predecesoras" que como su nombre lo indica son actividades que necesariamente deben ser llevadas a cabo previo a realizar otra, y actividades "Sucesoras" que dependen de una o varias actividades para ser ejecutadas.

Ruta crítica.

Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. El proyecto tendrá distintas rutas que cubran las actividades del proyecto, en este sentido, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Cabe destacar que la duración de un proyecto es igual a la ruta crítica. Un beneficio primordial que nos brinda el método de la ruta crítica es que resume en un solo documento la imagen general de todo el proyecto, lo que nos ayuda a evitar omisiones, identificar rápidamente contradicciones en la planeación de actividades, facilitando abastecimientos ordenados y oportunos, en general, logrando que el proyecto sea llevado a cabo con un mínimo de tropiezos (Lozano Ríos, Presentación: Planeación y Control de Sistemas Industriales., 2014).

Diagrama PDM.

El Método de Diagramación por Precedencia (PDM) es un método para crear un diagrama de red del cronograma del proyecto que utiliza casillas o rectángulos, denominados nodos, para representar actividades, que se conectan con flechas que muestran las dependencias con el fin de poder determinar la ruta crítica de un proyecto. **La Figura XIII** muestra un diagrama de red simple del cronograma del proyecto dibujado utilizando el PDM. Donde se muestran las actividades sucesoras y predecesoras, así como la dependencia que guardan unas con otras. Esta técnica también se denomina actividad en el nodo, que es el método utilizado por la mayoría de los paquetes de software de gestión de proyectos.

Los pasos que se deben seguir para elaborar la ruta crítica o un PDM son los siguientes (Alvarado De La Fuente, 2016):

1. Identificar todas las actividades que involucra el proyecto: Esto se refiere a conjuntar, ordenar y enlistar todas aquellas actividades que este dentro del alcance del proyecto IPC.
2. Establecer relaciones entre las actividades: Una vez que las actividades están enlistadas y han sido aprobadas por los responsables se debe decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
3. Construir una red o diagrama: Esto se logra conectando las diferentes actividades a sus relaciones de precedencia, es decir, establecer una secuencia o cadena de las actividades de acuerdo a aquellas que deben ejecutarse primero, aquellas que se ejecutarán después y así sucesivamente, aquellas que requieren la conclusión de una actividad anterior para iniciar o aquellas que pueden ser comenzadas a cierto porcentaje de avance de la actividad antecesora.
4. Definir costos y tiempo estimado para cada actividad.
5. Identificar la ruta crítica y las holguras de las actividades que componen el proyecto.
6. Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

El PDM incluye cuatro tipos de dependencias o relaciones de precedencia:

- **Final a Inicio.** El inicio de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- **Final a Final.** La finalización de la actividad sucesora depende de la finalización de la actividad predecesora.
- **Inicio a Inicio.** El inicio de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.

- **Inicio a Fin.** La finalización de la actividad sucesora depende del inicio de la actividad predecesora.

En el PDM, final a inicio es el tipo de relación de precedencia más comúnmente usado. Las relaciones inicio a fin raramente se utilizan.

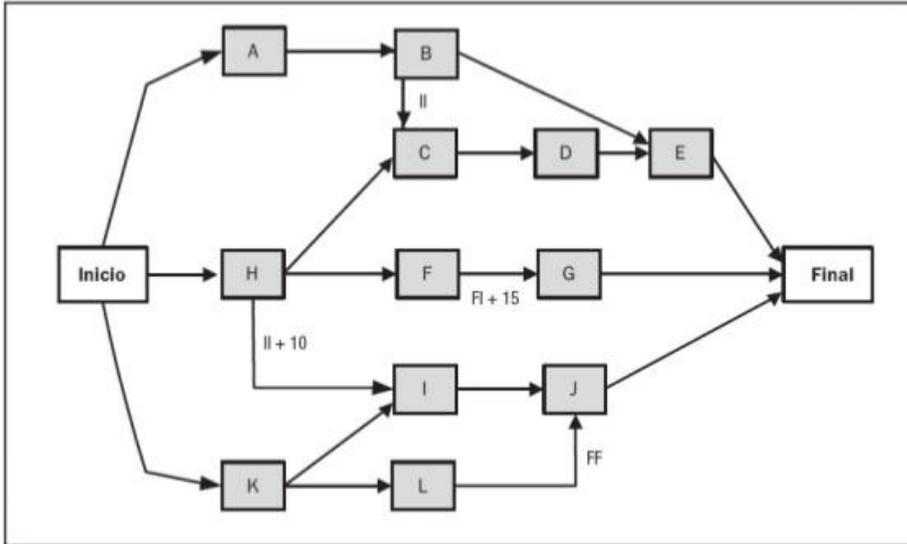


Figura XIII Método de diagrama de precedencia Fuente: Project Management Institute

Es importante mencionar que para realizar un diagrama de ruta crítica es importante definir ciertos conceptos que serán utilizados para elaborar la ruta crítica:

Aplicación de adelantos y retrasos.

En el desarrollo de los proyectos, hay ocasiones en las que se cumple con la fecha de recepción de algún entregable y hay dos escenarios posibles:

- Escenario 1: El entregable no se ha completado y se necesita recorrer la fecha de entrega, así como el de las actividades sucesoras.
- Escenario 2: El entregable se ha completado en una fecha anterior a la programada y produce que las actividades sucesoras puedan adelantarse.

Dependiendo de cuál sea el escenario el administrador del proyecto deberá decidir cuáles son las estrategias para atrasar o acelerar los trabajos del proyecto, se recomienda que de ser posible se busque adelantar la fecha de terminación de la mayor cantidad de actividades posible.

Las decisiones sobre cuál será el rumbo del proyecto serán tomadas mediante reuniones de seguimiento y avance, entre el administrador del proyecto y los gerentes de cada especialidad. Con una periodicidad según sea necesaria conforme al avance de la aprobación de entregables del proyecto, se sugiere que este sea semanal.

Matriz de actividades.

Como se mencionó con anterioridad hay que identificar todas las actividades requeridas para la elaboración de los entregables ya que estas serán programadas y secuenciadas en la ruta crítica por lo que habrá que apoyarse de una lista con todas las actividades con su respectiva duración y aquellas actividades ya sean sucesoras o predecesoras según sea más conveniente.

Estimación de duración.

La estimación de las actividades se hace con base en el nivel técnico que se requiere y la cantidad de recursos necesarios para llevarla a cabo.

Esta cantidad de recursos (especialistas, dinero, equipos o material) que involucra la realización de dicha actividad, a su vez deberá especificar cuando podrá ser utilizado ese recurso.

Al ser un proyecto de desarrollo de ingeniería, el recurso más importante son los especialistas, se deberá contar con datos históricos del tiempo que se tarda en llorar a cabo un entregable de ingeniería bajo las mismas condiciones.

A continuación, se presenta una tabla para dar un valor de referencia cuando no se cuenta con datos históricos.

DISCIPLINA	PLANOS / DIAGRAMAS	HOJAS DE DATOS	ESPECIFICACIÓN	ISOMÉTRICOS	LISTA DE MATERIALES	OTROS
PROCESO	80 – 200	9 – 15	20 – 30	\	\	Manuales 45 – 90
EQUIPO	30 – 45	—	20 – 40		6 – 10	
TUBERÍAS	80 – 120	—	3 – 6	9 – 15	8 – 15	
ELÉCTRICO	30 – 45	10 – 25	20 – 30	—	6 – 10	
SISTEMAS DE CONTROL	40 – 100	5 – 10	20 – 30	—	8 – 15	Loops 4 – 8
CIVIL Y ESTRUCTURAL	60 – 100	—	15 – 25	—	9 – 18	
ARQUITECTURA	45 – 90	—	10 – 20	10 – 25	6 – 10	
MEDIO AMBIENTE	—	—		—	—	Estudio 45 – 90
PROTECCION vs INCENDIO	30 – 60	10 – 25	10 – 20	5 – 8	8 – 15	
AIRE ACONDICIONADO	80 – 120	9 – 15	18 – 45	20 – 40	6 – 10	

Figura XIV Valores de referencia de H-H para documentos de ingeniería Fuente: Ing. Leticia Lozano, Presentación Planeación y Control de Proyectos Industriales 2014.

Análisis de reserva (Holgura).

La holgura del cronograma como se le conoce en términos de ingeniería, hace referencia a tener cierto tiempo extra para la entrega de documentos entregables, este colchón de tiempo se usa siempre y cuando existan contingencias donde se

requiera aplazar el término de una actividad, para acordar esta reserva de tiempo los gerentes de ingeniería comúnmente concilian usar un porcentaje de las actividades propias de su especialidad. Dicha reserva puede utilizarse o no dependiendo de la ejecución del proyecto.

Desarrollo del programa.

Elaborar el programa de un proyecto es proceso iterativo, ya que una vez que se conoce la información de la duración de las actividades habrá que ajustar las estimaciones de duración y de recursos, para cumplir con la fecha de entrega final del proyecto, una vez que se cumpla con el requisito, se tendrá una línea base con la cual podremos medir el avance del proyecto.

Es preciso mencionar que el programa se tendrá que actualizar a medida que avance el proyecto debido a que de igual manera se tendrá que realizar un ajuste en las actividades, dependiendo la ejecución del proyecto.

En la fig.7 se observa el estimado de horas hombre que suelen ocuparse para hacer algunos de los entregables en proyectos de ingeniería, teniendo en cuenta estas horas hombre de referencia es posible estimar la duración de las actividades y así asignar la fecha de inicio y la fecha de entrega para los documentos entregables de ingeniería.

En esta guía se recomienda utilizar el software "*Microsoft Office Project.*" Ya que es una herramienta que cuenta con una interfaz muy amigable para el usuario y prevé de diferentes perspectivas un mismo proyecto para poder realizar una adecuada gestión de recursos, tiempo, costos, alcance y calidad.

Curvas de avance.

Las curvas de avance son herramientas comparativas que proporcionan información del estatus de un proyecto en un tiempo determinado, lo que puede servir para la toma de decisiones por parte del administrador del proyecto, con respecto al control.

La curva de avance o curva "S" se crea a partir del programa actual y aprobado del proyecto. Posteriormente se puede actualizar conforme se crean las nuevas versiones. El objetivo es como se ha dicho antes, comparar y detectar las desviaciones existentes y tomar medidas para corregirlas para los rubros de tiempo y costos.

Una de las principales ventajas de esta herramienta radica en la fácil visualización del avance del proyecto que se tiene, de modo que tanto para el administrador del proyecto, para el superior al que hay que informar periódicamente o para nuestro cliente, resulta muy sencillo y claro saber cuál es la situación o estado actual del proyecto.

Como ya lo hemos mencionado el Microsoft Project, proporcionan los gráficos de avance necesarios, una vez cargada la información del proyecto.

Una curva S debe contener los siguientes elementos:

- Nombre del proyecto.
- Código del proyecto.
- Fecha inicial del proyecto.
- Fecha final del proyecto.
- Costo real del trabajo realizado (lo que realmente costó la ejecución de los recursos ejercidos en las actividades de ese periodo).
- Costo real del trabajo realizado acumulado (la suma de los recursos económicos ejercidos como gasto de acuerdo al gasto ejecutado)

La curva de avance nos indicará, el porcentaje acumulado de avance del proyecto contra el tiempo de ejecución. El porcentaje de avance puede ser estimado a partir de las horas hombre trabajadas en las etapas de ingeniería.

En el caso de la etapa de procura puede estimarse el avance ya sea con el costo pagado de las adquisiciones o las toneladas de equipo adquirido.

A continuación, se muestra un ejemplo de curva de avance:

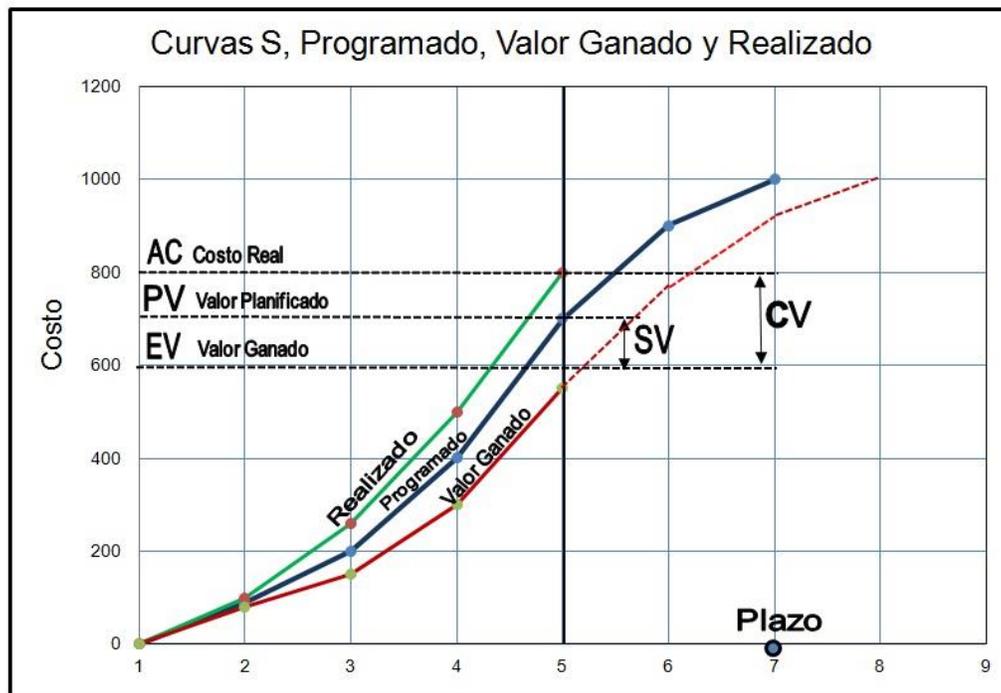


Figura XV Ejemplo de Curva S Fuente: <http://presupuestodeobrasvalorganado.blogspot.com/2016/10/curvas-s-programada-realizada-y-de.html>

Se recomienda que la curva de avance real sea realizada con una periodicidad de dos semanas, ya que la curva de avance programada debe ser evaluada contra la curva de avance real, es decir, la curva obtenida por el tiempo real, generado por las H/H reales que se hayan requerido para realizar los entregables a la fecha de corte.

Plan de gestión de los costos.

El planear el cómo se administrarán todos los costos del proyecto es una actividad crítica ya que en la mayoría de los proyectos IPC se cuenta con un presupuesto aprobado el cual no debe de rebasarse al concluir las actividades del proyecto en su totalidad, en caso que se rebasará implicaría un impacto negativo económico en la compañía encargada de realizar dicho proyecto.

Así mismo un plan de gestión de los costos puede indicarnos la manera de que se financiará el proyecto.

Una buena gestión en los costos del proyecto depende de la estrategia que se siga al ejecutar las siguientes actividades:

- Estimar los costos: Consiste en realizar una predicción de un escenario futuro con una aproximación de los recursos financieros necesarios para completar las actividades del proyecto. La precisión del estimado dependerá de la información disponible para realizar dicho estimado.
- Presentar un presupuesto: Consiste en elaborar un documento que contenga la suma de los costos contenidos en el estimado, con el fin de establecer una línea base de costos.
- Controlar los costos: Consiste en monitorear periódicamente el estado del proyecto, comparando las desviaciones que pueden existir para a su vez tomar decisiones del rumbo del proyecto.

Contenido de un estimado de costos:

El estimado de costo de un proyecto, en cualquiera de sus etapas de desarrollo, está compuesto por tres elementos:

- Costos conocidos y cuantificables ("*Known/knowns*").
- Costos conocidos, pero no cuantificables ("*Known/unknowns*").
- Costos aún no reconocidos ("*Unknown/unknowns*").

Estos costos estarán presentes a lo largo de todo el proyecto por lo que dependerá del nivel de desarrollo de ingeniería, la asignación de un monto para cada uno de ellos. Este nivel de ingeniería estará asociado a una etapa del ciclo de vida del proyecto, quedando distribuido de la siguiente manera:

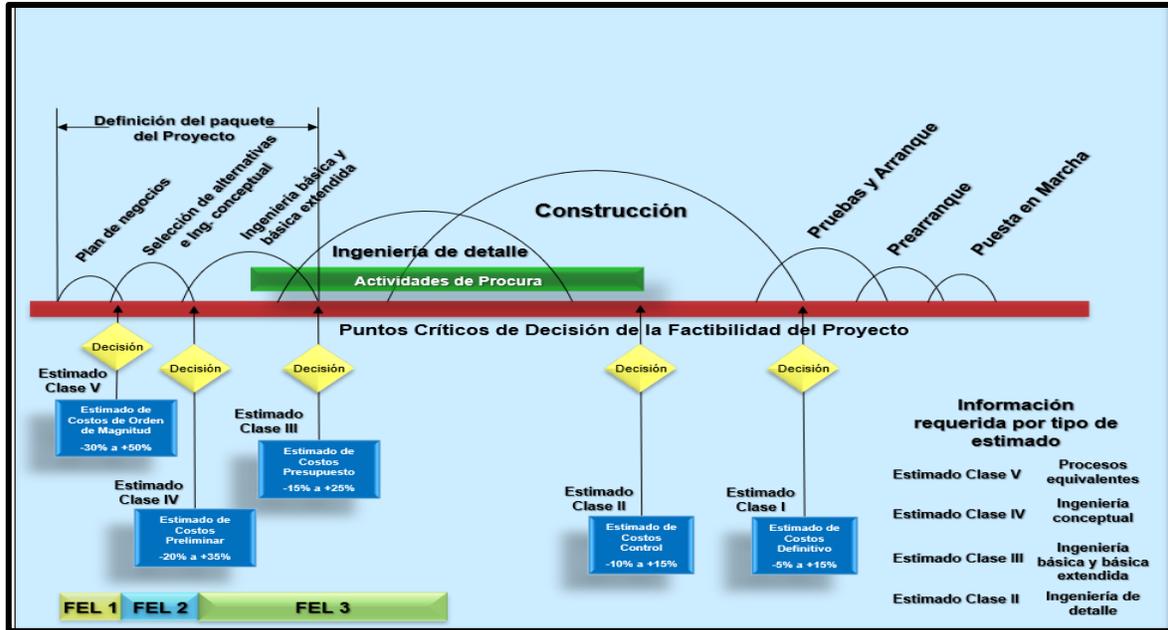


Figura XVI Modelo del ciclo de vida del proyecto y exactitud de la estimación de costos en inversión Fuente: M.I Luis Alvarado presentación ingeniería de costos 2019.

Al realizar un estimado de costos se cuenta con una desviación asociada a la clase de estimado que se está realizando por lo que la precisión de cada una de las clases de estimados dependerá de la información disponible en ese momento para desarrollar el estimado.

A continuación, se mostrará las diferentes desviaciones con las que trabajan las principales organizaciones de gestión de costos a nivel mundial

	Clasificación Estándar ACCE	Estándar ANSI Z94.0	Asociación de Ingenieros de Costos (UK)	ASPEN TECH	Lineamientos PEMEX
Mayor definición del proyecto	Clase 5 Bajo: -20 a -50% Alto: +30 a +100%	Orden de Magnitud Estimado -30% / +50%	Orden de Magnitud Clase IV -30% / +30%	Orden de Magnitud Estimado -30% / +50%	Clase V -30% / +50%
	Clase 4 Bajo: -15 a -30% Alto: +20 a +50%	Presupuesto Estimado -15% / +30%	Estimado de Estudio Clase III -20% / +20%	Estimado Preliminar -25% / +35%	Clase IV -20% / +35%
	Clase 3 Bajo: -10 a -20% Alto: +10 a +30%		Presupuesto Estimado Clase II -10% / +10%	Presupuesto Estimado -20% / +20%	Clase III -15% / +25%
	Clase 2 Bajo: -5 a -15% Alto: +5 a +20%	Estimado Definitivo -5% / +15%	Estimado Definitivo Clase I -5% / +5%	Estimado de Control -10% / +10%	Clase II -10% / +15%
	Clase 1 Bajo: -3 a -10% Alto: +3 a +15%			Estimado Definitivo 0% / +10%	Clase I -5% / +10%

Figura XVII Desviación esperada del estimado de costos Fuente: M.I Luis Alvarado presentación ingeniería de costos 2019.

Una vez que se cuentan con los argumentos necesarios para entender que es un estimado de costos se procederá a seguir una metodología propuesta por la gerencia de costos de PEMEX TI que se muestra a continuación:

1. Estimación de costos utilizando la mayor parte de herramientas posibles.
2. Solicitud de cotizaciones para confirmar el monto de la estimación o como referencia.
3. Integración del costo directo.
4. Integración del sobrecosto.
5. Cálculo del Monto por contingencias.
6. Cálculo del monto por escalación.

Presentación del presupuesto.

Una vez que se ha hecho la integración de los costos estos se pueden presentar resumidos en un entregable que dependerá del tipo de contrato o tipo de proyecto, ya que existen presupuestos a precio alzado y a precio unitario.

La diferencia radica en la presentación y el nivel de detalle ya que un presupuesto con un precio alzado solo muestra el costo por el proyecto y no da detalles de cómo estará distribuido ese valor.

Mas sin en cambio un presupuesto presentado con precios unitarios tendrá un grado de especificación mayor ya que se detallarán todos los trabajos que se tendrán que realizar en el proyecto.

Cada contrato tienes sus ventajas y sus desventajas por lo que la compañía contratante deberá analizar como requiere que se presenten los presupuestos para la realización de sus proyectos.

Para el caso de esta guía se recomienda que el monto asignado para la construcción de la PTAR se entregue en formato de precios unitarios, en un esquema de Open-book, ya que de esta manera se podrá revisar a fondo por parte de la compañía contratante, la razonabilidad de todos los precios que el contratista presente en el presupuesto, lo que genera una mayor certeza que lo que se está pagando es lo justo por los trabajos a realizar.

Plan de gestión de la calidad.

La correcta gestión de la calidad de un proyecto de ingeniería es el proceso por el cual se garantiza que los entregables cumplan con los objetivos de cumplimiento de tiempo, costo y alcance por lo que se deben de tener referencias para contar con estándares y procedimientos específicos para evaluar la calidad y así poder revisar, evaluar y posteriormente aprobar los entregables en las cuatro etapas de la ingeniería del proyecto, para entender mejor el concepto de calidad, a continuación mostraremos la definición de los conceptos principales:

- **Calidad:** Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con las necesidades o expectativas establecidas, generalmente implícitas u obligatorias.
- **Planificación de la calidad:** Parte de la gestión de la calidad enfocada al establecimiento de los objetivos de la calidad y a la especificación de los procesos operativos necesarios y de los recursos relacionados para cumplir con los objetivos de la calidad.
- **Objetivo de la calidad:** Cumplir con los estándares planteados, con el fin de garantizar que los entregables cumplan con los objetivos establecidos.
- **Gestión de la calidad:** Actividades coordinadas para planear, organizar, dirigir y controlar un proyecto en lo relativo a la calidad.

La calidad de los entregables de ingeniería no se limita al cumplimiento de los parámetros establecidos, sino que debe contar con un aspecto llamado comúnmente en ingeniería “limpieza” y esta se refiere al aspecto de la versión final del entregable y que tanto ha sido modificado, un entregable limpio es aquel que sufre la mínima cantidad de cambios y después de las revisiones pertinentes es aprobado por el administrador del proyecto.

A continuación, se muestra un esquema donde se observa el sistema de gestión de calidad que puede ser aplicado a cualquier entregable de ingeniería:

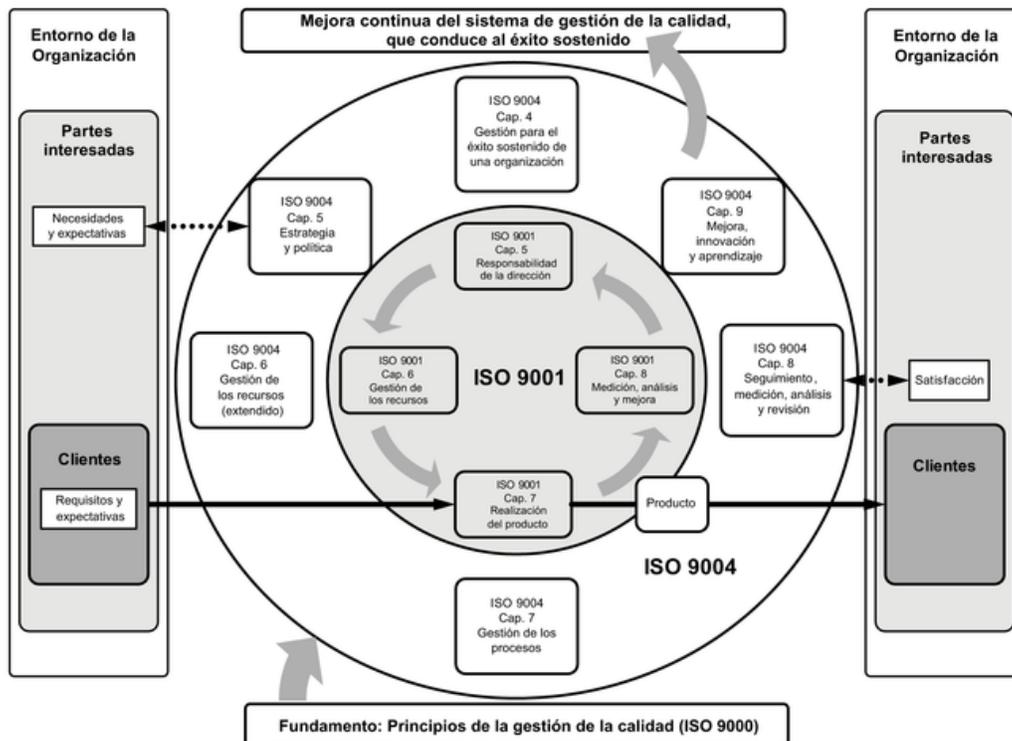


Figura XVIII Esquema del enfoque general de la ISO 9001:2015 Sistema de gestión de la calidad-Requisitos.2019

Validación/ Aprobación de entregables.

El administrador del proyecto deberá revisar únicamente aspectos de “limpieza” en los entregables, ya que debido a su perfil ocupacional, él no cuenta con los conocimientos necesarios para dar un juicio técnico, más sin embargo indirectamente puede tener conocimiento de las carencias de un entregable y puede identificar aspectos negativos antes de firmar para aprobación, por lo que a continuación se mostrarán ejemplos de modelos de entregables de las diferentes disciplinas de ingeniería, así como los componentes formales de cada uno y en qué aspectos el administrador de proyectos deberá intervenir para dar su criterio de aprobación.

En ese sentido se requiere que se tenga un estándar de calidad donde se garantice el cumplimiento de los objetivos y la satisfacción del cliente.

Estrategia de validación de entregables.

La acreditación o validación de los entregables estará a cargo del departamento de proyectos, será emitida por el gerente de cada especialidad de ingeniería y aprobada por el administrador del proyecto, cabe señalar que es el administrador del proyecto en quien recae toda la responsabilidad de las decisiones operativas del proyecto y quien firmará de aprobado en cada uno de los entregables del proyecto.

Cuando un entregable haya concluido su etapa de desarrollo, el especialista que lo elaboró deberá informar de inmediato a su gerente o jefe inmediato para que a su vez el gerente especialista comience con la fase de revisión, una vez terminado este periodo de tiempo el gerente deberá comunicar mediante notas incluidas en los documentos su opinión acerca del contenido del entregable, dudas, correcciones y comentarios, así como su aprobación o desaprobación técnica, en caso de desaprobación el entregable regresará a la fase de desarrollo donde tendrá que ser corregido, hasta que no se emitan correcciones técnicas por parte del gerente especialista, cabe señalar que cada vez que el entregable sea regresado a una etapa de desarrollo deberá ser documentado en versiones que tendrán un orden ascendente.

Para el caso donde un entregable cuente con la aprobación del gerente especialista, este deberá acudir con el administrador de proyecto para que el entregable sea revisado, terminando el periodo de revisión por parte del administrador del proyecto, este deberá emitir un oficio dirigido al gerente de la especialidad con dudas, correcciones y comentarios, así como la aprobación o desaprobación del mismo, en caso de que un entregable tenga desaprobación por parte del administrador de proyectos, el gerente tendrá derecho a réplica si así lo considerara para revertir la decisión del administrador del proyecto, si no fuese de esa manera el entregable tendría que ser corregido y vuelto a entregar para revisión.

Especificación de entregables.

Debido a que todos los proyectos son distintos y el proceso del tratamiento de las aguas residuales puede ser diseñado de diferentes maneras no existe como tal una especificación de entregables general que pueda ser aplicable y reproducible a todos los proyectos por lo que la presente guía tomará como referencia la especificación de entregables ocupada por PEMEX TI.

A su vez se deberá tener un manual de procedimientos para elaborar todos los entregables con el fin de cumplir con las especificaciones especiales de las diferentes especialidades de ingeniería.

Tag en los entregables.

Cada entregable tendrá que tener un código de identificación asignado para poderlo identificar, este código se llama tag y se representa por serie de caracteres lógicos interrelacionados según sea el caso.

A continuación, se muestra la estructura propuesta para el tag de los **planos o diagramas** entregables:

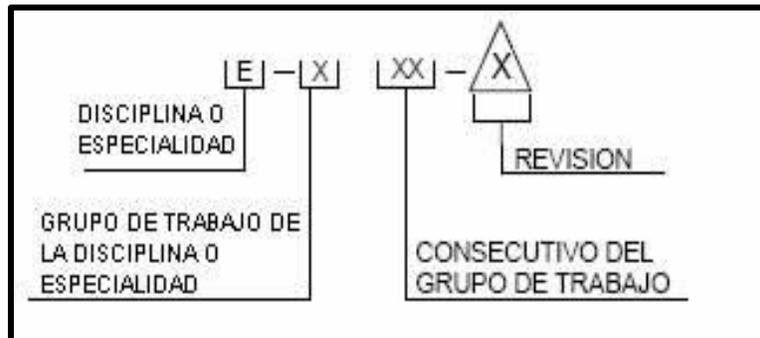


Figura XIX Estructura del tag de los entregables Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

Disciplina o especialidad: Se asignará una letra específica a cada especialidad para colocarla en este sitio:

- Ingeniería de proceso. (A)
- Ingeniería Eléctrica. (L)
- Ingeniería Civil. (E)
- Ingeniería Mecánica. (X)
- Ingeniería de tuberías e Instrumentación. (B)
- Ingeniería de Proyectos (G)

Consecutivo del grupo de trabajo: Se asignará un numero consecutivo ascendente para identificar el número del entregable al que se está haciendo referencia.

Revisión.: Se a signará una letra mayúscula del abecedario consecutiva o el número cero según sea el caso.

Nombre del entregable (Opcional): Se podrá colocar el nombre del entregable después del tag de así requerirlo. Ej.:

A-1-03-0A-DFPzona de pretratamiento.

Grupo de trabajo (Nombre del entregable). Se recomienda que cada especialidad asigne utilice la nomenclatura mostrada en la **Tabla 5**.

Tabla 5 Grupo de trabajo de las diferentes especialidades de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

PROCESO (A)			
NOMENCLATURA	DESCRIPCION	NOMENCLATURA	DESCRIPCION
A-0XX	Diagrama de bloques	A-4XX	Diagramas mecánicos de flujo
A-1XX	Diagrama de flujo proceso	A-5XX	Diagrama de interconexiones
A-2XX	Balance de materia y energía de proceso	A-6XX	Otros
A-3XX	Balance de materia y energía de servicios auxiliares		
Proceso (Seguridad Industrial) (AS)			
AS-0XX	Diagramas Mecánicos de Flujo	AS-5XX	Casas de Bombas de Sistemas Contra incendio Equipos de agua contra incendio
AS-2XX	Plantas de Tubería de Sistemas Contra incendio	AS-6XX	Isométricos de tubería de Sistemas Contra incendio
AS-3XX	Tanques de Almacenamiento (productos)	AS-7XX	Típicos de Instalaciones: Hidrantes y Monitores Localización de extinguidores Rutas de evacuación Detectores de humo, fuego y gases explosivos.
AS-4XX	Tanques de Almacenamiento (agua contra incendio)		
Proceso (Flexibilidad) (AT)			
AT-0XX	Localización General	AT-2XX	Cortes y detalles
AT-1XX	Soportes para tubería	AT-3XX	Isométricos
ELECTRICA (L)			
L-0XX	Diagramas: Unifilares De bloques De cargas De impedancias	L-5XX	Alumbrado y receptáculos en exterior: Calzadas Área de Instalaciones deportivas Área de estacionamiento Áreas verdes Cercas perimetrales y áreas generales
L-1XX	Subestaciones: Arreglo de equipo eléctrico, Sistemas de tierras Instalaciones de fuerza y control Instalaciones subterráneas Secciones y niveles de ductos Instalaciones en o sótanos	L-6XX	Distribución Eléctrica por Líneas Aéreas: Incluye todas las alimentaciones por líneas aéreas para todos los niveles de tensión

L-2XX	Distribución Eléctrica Principal: Localización general de subestación, ductos y registros eléctricos. Alumbrado de calzadas, estacionamientos, etc. Secciones y niveles de ductos. Desarrollo de registros eléctricos. Cédula de cable y tubo Conduit. Red general de tierras. Sistema de Pararrayos	L-7XX	Sistemas de Control, Protección, Alarmas y Señalización: Diagramas de control y protección Diagramas de operación Diagramas de señalización Diagramas de alarma Diagramas lógicos y de secuencia Diagramas físicos
L-3XX	Distribución Secundaria de Fuerza, Control, Alarmas y Tierras: Distribución en casa de bombas Distribución en casa de compresoras Distribución en áreas de proceso.	L-8XX	Cuarto de control Arreglos de equipo eléctrico Instalaciones en pisos falsos
L-4XX	Alumbrado, receptáculos y red de tierras en Edificios		
Civil (E)			
E-0XX	Localización de equipo e instalaciones.	E-6XX	Vías de Comunicación: Alineamientos horizontal y vertical
E-1XX	Niveles y pavimentos: Localización de áreas de trabajo Niveles generales de proyecto (con topografía original) Áreas de trabajo (pavimentos y niveles interiores y exteriores) Detalles constructivos para pavimentos, banquetas, guarniciones, andenes. Terracerías	E-7XX	Instalaciones Auxiliares: Quemadores Torres de enfriamiento Básculas Transportadores Casa de bombas Subestaciones eléctricas Baños y vestidores Talleres Bodegas Trampa de diablos Calderas Casetas Muelles Tablestacado
E-2XX	Drenajes y Ductos Subterráneos: Plantas de localización general Localización de áreas Áreas de trabajo (drenajes y ductos subterráneos) Emisores Registros y cajas secas Coladeras y copas Cunetas Trincheras Marcos, tapas y rejillas Sellos hidráulicos Conexiones Ductos eléctricos	E-8XX	Tanques y Diques: Cimentaciones Precargas, cortes y detalles Pruebas Localización, cortes, detalles diques y escaleras
E-3XX	Obras de Drenaje Complementarias: Separador de aceite	E-9XX	Varios: Cimentaciones menores Estructuras metálicas menores

	Fosas sépticas Fosas de absorción Fosas de asentamiento Fosas neutralizadoras Cárcamos Sifones Clarificadores Cruzamientos Desfogues		
E-4XX	Soportes, Puentes y Mochetas: Localización general Áreas de soportes Isométricos, detalles y cortes	E-10XX	Plano tipo de pavimentos, calles, explanadas, banquetas y guarniciones
E-5XX	Obras Hidráulicas y Abastecimientos de Agua: Sifones Pozos Tanques de almacenamiento y Cisternas Vertedores Filtros		
Civil (Topografía) (EB)			
EB-0XX	Planta y localización (poligonales, ubicación general, localización zonal)	EB-4XX	Secciones transversales
EB-1XX	Configuración	EB-5XX	Batimetría
EB-2XX	Perfiles	EB-6XX	Trazo y perfil (afectaciones, deslindes, trazo de líneas)
EB-3XX	Cortes y Detalles	EB-7XX	Otros
Civil (Mecánica de Suelos) (EC)			
EC-0XX	Localización de sondeos	EC-4XX	Cimentaciones
EC-1XX	Perfiles tipificados del subsuelo	EC-5XX	Terracerías y pavimentos
EC-2XX	Análisis de estabilidad de taludes	EC-6XX	Programas de instrumentación
EC-3XX	Gráficas de observación de efectos asentamiento-tiempo, desplazamiento tiempo, presión total-tiempo	EC-7XX	Otros
Civil Arquitectura (ED)			
ED-0XX	Edificios Técnicos-Administrativos: Edificio Superintendencia de Zona. Edificio de Ventas Edificio de Personal	ED-5XX	Edificio para Servicios: Baños vestidores Talleres y/o anexos Almacén y bodegas Central contraincendios Gasolineras en plantas Garage y talleres
ED-1XX	Edificio de Proceso: Laboratorio	ED-6XX	Obras de Servicios Sociales: Auditorio Comedor trabajadores Instalaciones deportivas
ED-2XX	Edificios para Equipo Mecánico: Edificio de Generador Edificio de Compresoras Casa de Bombas	ED-7XX	Edificio para Servicios de Vigilancia: Caseta de control de personal Caseta de control de vehículos

ED-3XX	Edificios para Equipo eléctrico: Subestaciones de Enlace Subestación Cuarto de Interruptores Caseta Planta Eléctrica de Emergencia Caseta Tipo Protección Rectificador	ED-8XX	Obras Complementarias: Plaza cívica Circulaciones cubiertas Estacionamientos cubiertos Monumento conmemorativo Letrero portada Asta bandera Conjunto urbano Bordes y delimitaciones
ED-4XX	Edificios para Equipos de Medición y Control: Cuarto de Control Báscula para Camiones Báscula para Ferrocarril.	ED-9XX	Edificio para Comunicaciones y Transporte: Edificios para Servicios Médicos: Hospital, clínica, consultorio de emergencia, enfermería
Civil (Estructuras de Concreto) (EF)			
EF-0XX	Planos Generales de Cimentación	EF-4XX	Estructura, Cimentación, Superestructura y Detalles: Puentes elevados Puentes inferiores Puentes carreteros Puentes férreos Soportes Diques Muros de contención
EF-1XX	Cimentaciones y Superestructuras de Edificios y Cobertizos: Todos los de la letra D (Arquitectura)	EF-5XX	Obras Hidráulicas, Abastecimiento y Bocatoma Canales Sifones Pozos Tanques de almacenamiento Cisternas Vertedores Desvíos Piezas Alcantarillado Separadores de aceite Cárcamos Fosas Emisores Desfogues
EF-2XX	Cimentación de Maquinarias: Compresores Turbinas Bombas Radiadores Máquinas herramientas		
EF-3XX	Cimentación de Recipientes, Torres, Calderas y Quemadores	EF-6XX	Obras Marítimas: Muelles Tablestacado Rectificaciones
Civil (Estructuras de Concreto) (EF)			
EF-0XX	Planos Generales de Cimentación	EF-4XX	Estructura, Cimentación, Superestructura y Detalles
EF-1XX	Cimentaciones y Superestructuras de Edificios y Cobertizos: Todos los de la letra D (Arquitectura)	EF-5XX	Obras Hidráulicas, Abastecimiento y Pozos Tanques de almacenamiento Cisternas Vertedores Desvíos Piezas Alcantarillado Separadores de aceite Cárcamos Fosas Emisores Desfogues
EF-2XX	Cimentación de Maquinarias: Compresores Turbinas Bombas Radiadores Máquinas herramientas	EF-6XX	Obras Marítimas: Muelles Tablestacado Rectificaciones

EF-3XX	Cimentación de Recipientes, Torres, Calderas y Quemadores Tanques verticales Tanques horizontales Tanques elevados Torre de enfriamiento Cambiador de calor Calderas Quemador elevado Quemador de fosa Chimenea de venteo Antenas Torres de alumbrado Postes	EF-7XX	Varios: Lista de varillas Lista de anclas
Civil (Estructuras Metálicas) (EG)			
EG-0XX	Plantas de Anclaje	EG-4XX	Superestructura y Detalles: Puentes Soportes Antenas torre de alumbrado Torres de alumbrado Postes
EG-1XX	Anclaje y Superestructura de Edificios y Cobertizos: Todos los edificios mencionados (Arquitectura)	EG-5XX	Obras Hidráulicas, Bocatomas Canales Sifones Pozos Cisternas Vertedores Desvíos Piezas Alcantarillado Separadores de aceite Cárcamos
EG-2XX	Anclaje de Maquinarias: Compresoras Turbinas Bombas	EG-6XX	Obras Marítimas: Muelles Tablestacado
EG-3XX	Anclaje de Recipientes, Torres, Calderas y Quemadores: Tanques verticales Tanques horizontales Cambiador de calor Calderas Quemador elevado	EG-7XX	Planos de Taller
Civil (Instalaciones Hidráulico – sanitarias) (EJ)			
EJ-0XX	Redes de Drenaje	EJ-4XX	Redes de aire a presión
EJ-1XX	Redes de alimentación hidráulica	EJ-5XX	Redes de gas combustible
EJ-2XX	Redes de gas	EJ-6XX	Otros
EJ-3XX	Redes de vapor		
Civil (Ductos) (EQ)			
EQ-0XX	Topográficos: Plano General y Diagrama de Flujo	EQ-6XX	Estaciones de Regulación y Medición: Paso de regulación adicional Instalación eléctrica
EQ-1XX	Topográficos: Perfil de Suelos	EQ-7XX	Plantas
EQ-2XX	Topográficos: Trazo y Perfil Ocupación Marginal	EQ-8XX	Obras Especiales de Concreto: Anclajes para instalaciones Revestimiento de concreto para tubería Cunetas y contracunetas

EQ-3XX	Obras Especiales: Cruzamiento	EQ-9XX	Instalación, postes y detalles constructivos
EQ-4XX	Obras Especiales: Diagrama de flujo Válvulas de seccionamiento Cabezales para ríos	EQ-10XX	Secciones Transversales
EQ-5XX	Obras Especiales: Registros de concreto Soportes de tuberías	EQ-11XX	Afectaciones de Ejidos y Pequeñas Propiedades
Mecánico (X)			
X-0XX	Recipientes a Presión:	X-3XX	Arreglos de Equipo mecánico estático.
X-1XX	Recipientes Atmosféricos	X-4XX	Arreglos de Equipo mecánico estático.
X-2-XX	Tanques fuera de especificación API	X-5-XX	Accesorios Mecánicos
Tubería e Instrumentación (B)			
B-1XX	Localización General Áreas de Tubería Localización general de rutas de tubería Plantas de tubería Cortes y detalles de tubería	B-4XX	Orientación de boquillas
B-2XX	Interconexiones en límite de baterías	B-5XX	Sistema contra incendio: Red general del sistema
B-3XX	Red subterránea de servicios	B-6XX	Soportes y accesorios
Tubería e Instrumentación. (Telecomunicaciones) (BM)			
BM-0XX	Diagramas: Unifilares Telefónicos de operación	BM-5XX	Desarrollo de Registros y Corte de Ductos Telefónicos
BM-1XX	Red Telefónica Principal: Localización Áreas de trabajo de pavimentos y niveles	BM-6XX	Localización de Antenas y Edificios para Radio
BM-2XX	Red Telefónica Secundaria Acometidas Instalación interna	BM-7XX	Instalación de Antenas y Edificios de Radio: Distribución de equipos Cableado Fuente de alimentación
BM-3XX	Sistema de Tierras y Pararrayos: Para central telefónica Para estaciones de radio Para antenas	BM-8XX	Edificio para Conmutadores: Distribución de equipos Cableado Fuente de alimentación
BM-4XX	Instalación de Intercomunicación, Señalización y Alarmas:	BM-9XX	Otros
Instrumentación y Control (BP)			
BP-1XX	Localización de Instrumentos y Rutas de señales eléctricas y/o electrónicas Rutas de suministro eléctrico y conexión a tierra	BP-4XX	Detalles de Montaje de conexiones en cajas de paso de señales eléctricas

	(canalizaciones aéreas y subterráneas) Localización de Instrumentos y rutas de fibra óptica Cédulas de conductores y tubería conduit para interconexión de instrumentos		Detalles de Montaje de la soportaría y/o ductos, registros Detalles de Montaje de la soportaría de tubing Detalles de Montaje de soportaría para tubo conduit Típicos de Instalación y Montaje de instrumentos de campo
BP-2XX	Localización de Instrumentos y rutas de señales neumáticas Rutas de suministro de aire a instrumentos	BP-5XX	Simbología y Nomenclatura de Instrumentos Diagramas de la Topología y Arquitectura del sistema de control de proceso Diagramas de los Circuitos de Control Automático (Lazos de Control) Tipo Eléctrico, Electrónico y Neumático Diagramas Lógicos de Control Neumático y/o Hidráulico Diagramas de Interconexión entre los sistemas de control
BP-3XX	Arreglo general de gabinetes y consolas en el Cuarto de Control Distribución y alambrado de gabinetes y consolas en el Cuarto de Control		

A continuación, se muestra la estructura propuesta para el tag de los **diferentes entregables de ingeniería**:

La estructura se compone por tres grupos de caracteres de la siguiente manera:

XXX-X-XXX

Siendo el primer grupo una serie de caracteres alfabéticos que hacen referencia al documento entregable a continuación (**ver tabla 6**) se muestran algunos ejemplos de claves y a qué documento se hace referencia, pueden existir más y dependerá del equipo del proyecto asignar una clave para estos documentos.

Tabla 6 Claves para entregables de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

CLAVE	DOCUMENTO TECNICO
BD	Bases de diseño
BU	Bases de usuario
CD	Criterios de diseño
DM	Detalles de montaje
ESP	Especificación particular
EI	Estándar de Ingeniería
ET	Estudio técnico
ETE	Estudio técnico-económico
FC	Filosofía de automatización y control
HD	Hoja de datos
II	Índice de instrumentos
IL	Índice de líneas
LCE	Lista de cargas eléctricas
LE	Lista de equipo

CLAVE	DOCUMENTO TECNICO
LM	Lista de materiales
MC	Memoria de calculo
MD	Manual de diseño
MO	Manual de Operación
MPR	Manual de procedimientos
MTD	Memoria técnico-descriptiva
PRT	Procedimiento Técnico
SI	Sumario de instrumentos

- El segundo grupo se compone de la clave de la especialidad a la que pertenece el documento entregable, para fines prácticos se tomará la inicial propuesta para los planos.
- El tercer grupo consta de tres dígitos numéricos que indicarán el orden consecutivo que se asigna al documento.

A continuación, profundizaremos en el tema de la limpieza tomando como referencia las especificaciones y normativas de PEMEX para los entregables de las diferentes especialidades de ingeniería, ya que, aunque la información será diferente hay ciertos aspectos que se aplican para todos los entregables.

Planos.

Estos entregables son representaciones graficas que representan los diseños de ingeniería en un espacio de dos dimensiones, mediante figuras o trazos que irán acorde a las memorias de cálculo de cada especialidad de ingeniería.

Objetivo:

Proporcionar una visión plana que de manera general muestre en escalas más amigables para los usuarios conceptos que se encuentran en tres dimensiones y que cuentan con medidas que no se podrían mostrar en tamaño real.

Así mismo un plano es una ruta que muestra un proceso de inicio a fin.

Medidas

Tabla 7 Dimensiones de los planos Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

DIMENSIONAMIENTO NORMATIVO DE PLANOS (mm)					
	PEMEX			ISO 5457	
	Alto	Largo		Alto	Largo
A	280	215	A4	297	210
B1	280	405	A3	297	420
B2	280	595	A3.2	297	594
B3	280	785	A3.1	297	841
D	560	900	A1	594	841
E	900	1065	-	-	-
F	900	1265	A0	841	1189

A continuación, se mostrarán las medidas de las áreas y los conceptos que deben contener los planos.

Tabla 8 Conceptos y medidas que contiene un plano Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

TAMAÑO	DIMENSIONES (mm)						
	Alto	Largo	Área de trabajo a lo alto	Área de trabajo a lo largo	Espacio Margen izquierdo	Espacio Margen derecho, superior e inferior	Espacio para título
	h	l	A	b	c	d	e
A	280	215	235	185	20	10	25
B1	280	405	225	365	25	15	25
B2	280	595	225	555	25	15	25
B3	280	785	225	745	25	15	25
D	560	900	480	845	40	15	50
E	900	1065	820	1010	40	15	50
F	900	1265	820	1210	40	15	50

Dado que la información y la distribución de los planos será diferente, existen especificaciones para el tamaño recomendado para ser entregados por disciplina, es el siguiente:

Tabla 9 Tamaños específicos para planos por disciplina de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

ESPECIALIDAD	DESIGNACIÓN DE TAMAÑO				
	A	B	D	E	F
Proceso			X		
Topografía		X	X	X	X
Geotecnia (Mecánica de suelos)	X	X	X		
Arquitectura			X	X	
Planificación			X	X	X
Estructuras de Concreto	X	X	X	X	X
Estructuras Metálicas	X	X	X	X	X
Recipientes a presión y tanques atmosféricos			X		
Instalaciones Hidráulico-sanitarias	X	X	X	X	
Tubería	X	X	X	X	
Eléctrico	X		X	X	
Telecomunicaciones	X	X	X	X	
Aire Acondicionado	X		X	X	
Instrumentación y control	X	X	X	X	X
Líneas de conducción (Ductos)		X	X	X	X
Seguridad Industrial			X	X	
Ingeniería de Corrosión.	X	X	X		
Flexibilidad	X		X		

Entre las especificaciones se recomienda que los planos se distribuyan bajo el esquema mostrado en el **ANEXO 2 (Figura 2)** con las siguientes características:

Tabla 10 Distribución y especificaciones para planos Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

Clave	Descripción	Fuente
a	Título principal del documento o proyecto Debe contener el título del documento y éste se localiza en la parte superior del cuadro principal del cuadro	Arial, negritas, mayúsculas de 2.5 mm (Tamaño A y B) y 4.5 mm (Tamaño D a F)
b	Título del contenido del documento Se localiza en el mismo espacio y debe contener la descripción del título principal o bien lo complementa	Arial, negritas, mayúsculas y minúsculas de 35 mm (Tamaño A y B) y 5 mm (Tamaño D a F)
c	Número de proyecto (clave de la obra) Este cuadro debe contener el código alfanumérico asignado al proyecto.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño A y B) y 3.5 mm (Tamaño D a F)
d	Lugar geográfico del proyecto Debe contener la ubicación geográfica del proyecto	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño A y B) y 3 mm (D a F)
e	Clave de identificación Este cuadro debe contener el código alfanumérico asignado al entregable.	Arial, negritas, mayúsculas de 3 mm (Tamaño A y B) y 6.5 mm (Tamaño D a F)
f	Número de revisión Debe contener el número de la revisión que se le hizo al documento.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño A y B) y 2.5 mm (Tamaño D a F)
g	Cuadro de ejecutores del documento Debe contener las siglas de las personas quienes dibujaron, proyectaron, revisaron y coordinaron el documento.	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm (Tamaño A y B) y 2 mm (Tamaño D a F); y los registros de Tamaño D a F en 3mm.
h	Cuadro de escala utilizada Debe contener la escala que se utiliza, para planos donde no se requiera escala indicar S/E.	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm (Tamaño A y B) y 2 mm (Tamaño D a F)
i	Cuadro de acotaciones Debe contener la unidad de longitud que se utilizó, para planos donde no se requiera acotación, indicar SIN.	Arial, normal, minúsculas de 1.5 mm
j	Cuadro de fecha de emisión Éste señala la fecha en que se emitió dicho documento	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm (Tamaño A y B) y 2 mm (Tamaño D a F)
k	Cuadro del lugar de elaboración Debe contener el lugar donde se elaboró el documento	Arial, normal, mayúsculas de 1.5 mm
l	Cuadro del logotipo Debe contener el logotipo de la institución que elabora el documento	
m	Cuadro vacío para sello Debe contener el sello de "APROBADO PARA CONSTRUCCION"	
n	Cuadro de aprobación de ingeniería Debe contener las siglas y firmas de aprobación de los funcionarios autorizados por parte de la compañía encargada en los planos y documentos que requieran aprobación según el Contrato.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
o	Cuadro de dibujos de referencia Debe indicar con qué dibujos se complementa el documento.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
p	Cuadro de control de revisiones Debe contener el número de la revisión, una breve descripción en lo que consistió la revisión, la fecha en	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)

Clave	Descripción	Fuente
	que se hizo, así como quienes la ejecutaron y aprobaron.	
q	Cuadro de control de planos Debe contener la fecha y el número de envío con el cual fue remitido a construcción.	Arial, normal, mayúsculas de 2 mm (Tamaño D a F)
s	Notas: Deben contener lo relativo a requisiciones y datos técnicos referentes a: equivalencias de niveles, resistencia y calidad de los materiales por utilizar, procedimientos constructivos especiales y en general todos los datos que complementen o modifiquen el documento.	Arial, normal, mayúsculas de 3 mm (D a F)

Cabe señalar que estas medidas se utilizan específicamente para planos, a continuación, se muestran las medidas para otro tipo de entregables:

Tabla 11 Especificaciones de tamaño para los diferentes entregables de ingeniería Fuente: Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.

Hojas de datos.	Se utiliza el Tamaño A, con el cuadro de identificación de la Figura 3 del Anexo 2 .
Especificaciones.	Puede utilizar tamaños con múltiplos de tamaño carta como se requiera, utilizando el cuadro de identificación de la Figura 6 del Anexo 2 .
Criterios de diseño.	Se debe utilizar el Tamaño A con el cuadro de identificación de la Figura 4 del Anexo 2 , el cual tiene un espacio libre en la parte superior para colocar el nombre del tipo de documento que se trata y en el cuadro del extremo derecho la nomenclatura respectiva.
Dibujos Civiles (Croquis, Cortes, Arreglos, etc.).	Se debe utilizar el Tamaño A con el cuadro de identificación de la Figura 5 del Anexo 2 .

Escalas.

Dependiendo de la actividad por desarrollar es frecuente que las disciplinas utilicen algunas de las escalas indicadas a continuación:

Ingeniería de proceso (A):

Aire acondicionado:

Plantas:	1:50, 1:75, 1:100
----------	-------------------

Seguridad industrial:

Plantas de localización:	1:200, 1:250, 1:500
--------------------------	---------------------

Ingeniería eléctrica (L):

Arreglos de equipo y distribución de fuerza y control en subestaciones y cuartos de control:	1:40, 1:50, 1:75
Alumbrado, distribución de fuerza y control, sistema de tierras y pararrayos en edificios.	1:50; 1:75, 1:100
Alumbrado, fuerza y control, tierras en calles, área de tanques y áreas abiertas.	1:200, a 1:1000
Alumbrado general exterior, distribución general de fuerza en canalización subterránea y sistemas generales de tierras.	1:200, a 1:1000

Ingeniería Civil (E).Topografía

Plantas, configuraciones	1:100, 1:200
Trazo y perfiles:	1:250, 1:500, 1:2000
Batimetría:	1:1000, 1:5000, 1:10000
Cortes y detalles:	1:50, 1:100

Geotecnia (Mecánica de suelos).

Localizaciones, plantas:	1:500, 1:1000
Perfiles:	1:100, 1:200, 1:500

Arquitectura.

Maquetaría:	1:100, 1:1000
Detalles constructivos:	1:10
Detalles constructivos en cortes por fachada:	1:20, 1:25
Plantas arquitectónicas, fachadas, cortes	1:50, 1:75, 1:100
Plantas de conjunto y azotea:	1:100, 1:200, 1:250
Urbanización:	1:500

Estructuras de Concreto.

	1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2500,
--	-------------------------------------------------------------------------------

Estructuras Metálicas

	1:5, 1:10, 1:15, 1:20, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2500, 1:5000
--	--------------------------------------------------------------------------------------

Instalaciones Hidráulico-Sanitarias

Plantas:	1:50, 1:75
Detalles de drenaje:	1:25

Ingeniería Mecánica (X).Recipientes a presión y Tanques Atmosféricos

Plantas:	1:50, 1:100, 1:200
Cortes:	1:50

Ingeniería de tuberías e Instrumentación. (B)Tubería.

Plantas, cortes y detalles:	1:33 1/3, 1:100
Contraincendios:	1:250
Localizaciones aéreas:	1:1 000

Líneas de Conducción (Ductos)

Plantas:	1:4 000
Trazos y perfiles	
Horizontal:	1:4000
Vertical:	1:400
Cruzamientos:	1:200
Casetas:	1:50
Detalles:	1:20

Telecomunicaciones.

Distribución telefónica, alarmas señalización en edificios, localización de conmutadores o equipos de radio- comunicación:	1:50, 1:75, 1:100
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

Fuente: *Petróleos Mexicanos, GNT-SSIME-G002-2008.*

Memorias de cálculo.**Estructura:**

Documento donde se deberá detallar de la manera más clara posible, los pasos que se siguieron para el cálculo de los aspectos de diseño para cada concepto que haya sido diseñado por las diferentes disciplinas de ingeniería.

Se deberá especificar: metodologías, modelos matemáticos, consideraciones o factores de cálculo que fueron utilizados para el diseño, así como gráficos o dibujos que funjan como apoyo para entender los conceptos del cálculo utilizado.

Objetivo:

El entregable de memoria de cálculo sirve como soporte de los diferentes entregables de ingeniería ya que todos los datos con los que son realizados los demás entregables, son concebidos en la memoria de cálculo.

Hojas de datos.**Estructura:**

Documento comúnmente formado un límite máximo de 4 hojas siendo la primera la portada, donde se deberá especificar aspectos generales diseño de equipo de las diferentes especialidades de ingeniería.

Cabe señalar que una hoja de datos puede ser realizada por una especialidad de ingeniería y ser complementada por otra especialidad diferente.

Objetivo:

La finalidad de este entregables es solicitar la cotización específica para ese equipo en particular, por lo que la información contenida deberá interrelacionar los datos de diseño con la oferta comercial por parte de los proveedores, tratando siempre de tener diseños que puedan ser aplicados a modelos estándar del mercado debido a que en el aspecto de costos siempre costará más, mandar a hacer un equipo con las características de diseño, a tal grado de detalle.

Un ejemplo de lo anterior pueda darse en el caso de que se diseñe una bomba y el resultado reflejado en la memoria de cálculo sea de 1.87 HP de potencia por lo que se deberá tomar la decisión de plasmar en la hoja de datos para solicitar la cotización de una bomba de 2 HP de potencia procurando siempre tener equipos “sobrados”. Esto quiere decir que el equipo solicitado cumpla tanto con las especificaciones de diseño como con las del mercado existente.

Listas.**Estructura:**

Documento comúnmente formado un límite máximo de 3 hojas siendo la primera la portada, donde se deberá enlistar los componentes agrupados necesarios de cada área diseñada de la PTAR, dependiendo de la especialidad de ingeniería encargada.

Objetivo:

Contar con un documento de control que agrupe los conceptos que se utilizan o que serán requeridos antes, durante y después del desarrollo de la ingeniería de las diferentes especialidades.

Especificaciones.**Estructura:**

El documento de especificaciones se compone por una descripción detallada sobre algún insumo, material, o equipo que participe en el proceso, por lo que la extensión del documento dependerá de lo que se esté especificando.

Objetivo:

Proporcionar información específica de cierto concepto con el fin de establecer una correcta gestión de la procura debido a que en casos requeridos se deberá

proporcionar este entregable a los proveedores, y una vez que este concepto sea entregado por parte del proveedor sea tal y como se especificó en el documento y cumpla con las características establecidas por las especialidades de ingeniería.

Secuencia de revisiones.

Todos los entregables deberán seguir una secuencia de entrega de las versiones que se realicen ya sea por modificaciones o comentarios para su corrección a continuación se presentará la secuencia de entrega más común para los entregables de ingeniería.

Revisiones preliminares (No para construcción).

- Se deberán identificar con las letras mayúsculas del abecedario considerando la primera versión la letra A y así sucesivamente.
- Cuando sea necesario se darán comentarios en una copia del plano o de manera electrónica cuando sea posible con el siguiente código de colores.

Tabla 12 Código de colores para comentarios en los entregables. Fuente: Elaboración propia

Amarillo:	Correcto, de acuerdo
Verde:	Borrar
Rojo:	Agregar
Azul:	Notas aclaratorias

- En las revisiones posteriores a la “A”, se deberán incluir los comentarios realizados o la aclaración por escrito de la no procedencia de los mismos.

Revisiones aprobadas para construcción.

- Se deberá poner en la revisión el número cero “0”
- Para los números consecutivos de las revisiones. Se especifica claramente en qué consiste la revisión de la manera más concisa posible con palabras como “**cambió, eliminó, añadió, ...**”; debe indicarse también quienes la ejecutaron y aprobaron y la fecha en que se realizó. Dentro del triángulo se anota el número de la revisión correspondiente.

Errores comunes en la presentación de los entregables.

Las compañías en algunas ocasiones tienden a tener vicios ocultos en la elaboración de los entregables, esto se afecta directamente al control del proyecto por lo que el administrador del proyecto deberá contar con los suficientes conocimientos para identificar donde y de qué manera existen estos errores en los entregables de las diferentes especialidades de ingeniería, a continuación, se mostrarán un plano (**Ver Figura XX**) que conjunta la mayor parte de estos errores.

Errores del plano:

1.- Revisión: Un buen administrador de proyectos no se puede permitir tener una versión Q de un entregable ya que esto se traduce en una falta de control en los

recursos que han sido designados para ese plano, así como una notoria falta de capacidad técnica por parte de los especialistas que elaboraron el documento.

2.- Escala: Como se puede apreciar en el pie de página se menciona que el plano no cuenta con una escala. Aunque en otras secciones del documento se menciona que los dibujos fueron realizados con una escala determinada.

REVISO:	J.M.M./H.C.A.
APROBO:	R.P.G.
ESCALA:	SIN ESCALA

PLANTA CLARIFICADORA

ESC. 1:50

3.- Fecha de revisión: El dato de la fecha de revisión es el mismo que el de la fecha de la primera emisión, lo que es imposible debido al número de la versión.

PLANTA CELAYA		Q	PARA REVISION Y/O APROBACION	HCA/T.O.	30/12/97
DIBUJO:	R.P.G.	NO.	REVISION	POR/APB.	FECHA
PRIMERA FECHA DE EMISION:	30/12/97				

4.- Elaboración/ Aprobación: De acuerdo a lo establecido en la presente guía un entregable solo puede ser elaborado, revisado y aprobado por personas diferentes y nunca deberá una persona realizar dos actividades de las antes mencionados.

DIBUJO:	R.P.G.
REVISO:	J.M.M./H.C.A.
APROBO:	R.P.G.

5.- Falta de planos de referencia: Como se muestra el plano existen varios planos a los que se hace referencia gráficamente, pero se debe colocar el tag del plano para poder identificar a que específicamente se está haciendo referencia o de donde se está tomando la información para la elaboración.

6.- Nombre incorrecto. El administrador de proyectos deberá tener los conocimientos suficientes para poder distinguir los entregables de las diferentes disciplinas, en este caso el presente plano no es un diagrama de flujo de proceso.

TITULO:	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO AREA DE LAGUNAS
CLIENTE:	PLANTA CELAYA

7.- Bases de diseño sin entregar: El administrador del proyecto no puede permitir que un documento tan importante como lo son las bases de diseño no sea entregado para el tiempo en el que se entrega la revisión Q de un plano ya que esto quiere decir que se esté diseñando a "ciegas" es decir sin un punto guía.



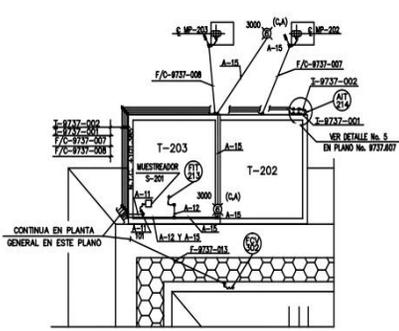
8.- Notas: Este es el error menos relevante, aunque no se debe pasar por alto el seguir una secuencia lógica en la numeración de las notas ya que es información relevante que contienen los entregables.

- 2.- VER SIMBOLOS , NOTAS GENERALES Y CARACTERISTICAS DE MATERIALES EN PLANO No. 9737.600.
- 3.- LA REPRESENTACION DE MOTORES , INSTRUMENTOS RUTAS DE CONDUIT , ETC. ES ESQUEMATICA POR LO TANTO NO ES EXACTA SU LOCALIZACION A MENOS QUE SE ACOTEN.
- 4.- TODOS LOS DUCTOS QUE PROTEGEN LAS TUBERIAS CONDUIT SUBTERRANEAS SERAN DE CONCRETO PORE PIGMENTADO DE COLOR ROJO PARA SU IDENTIFICACION.
- 5.- TODOS LOS REGISTROS SERAN DE CONCRETO.
- 6.- TODOS LOS DUCTOS IRAN A 600 mm. BAJO N.P.T. o N.T.N. COMO MINIMO Y HASTA DONDE LO PERMITA EL TERRENO.

Como se puede apreciar es de suma importancia conocer y sobre todo identificar los errores en los entregables ya que el administrador del proyecto es el último filtro para poder detectar y corregir cualquier incidente que se presente en la elaboración de los entregables de ingeniería, y si bien el administrador de proyectos no necesariamente tendrá que ser experto en todas las disciplinas de ingeniería puede detectar y tomar acciones de corrección de errores como los que se mencionaron anteriormente, lo que resulta en un impacto positivo al proyecto.

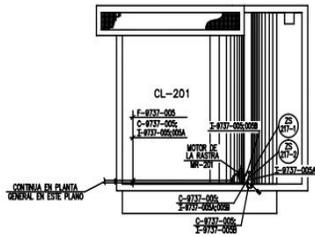
Modelos de entregables de ingeniería

En la sección de **ANEXOS 3** se mostrarán modelos con el fin de ejemplificar los diferentes entregables antes mencionadas propios de un diseño de una PTAR.



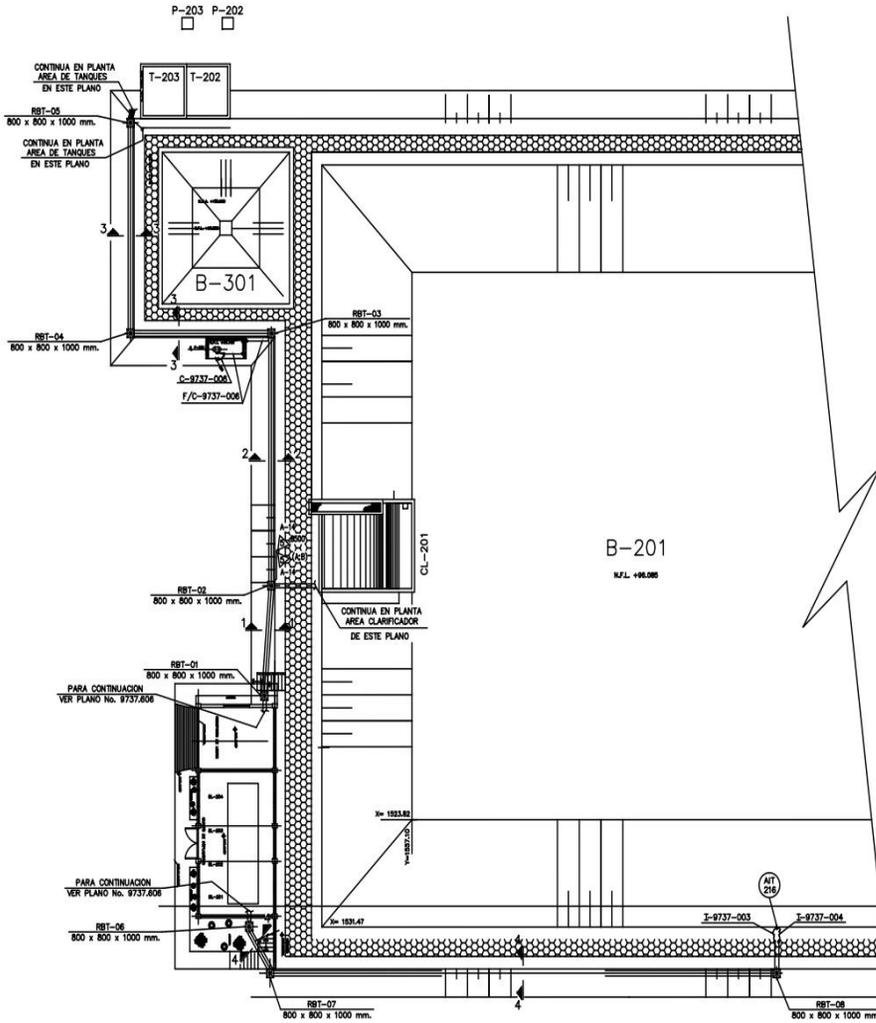
PLANTA AEREA TANQUES

ESC. 1:100



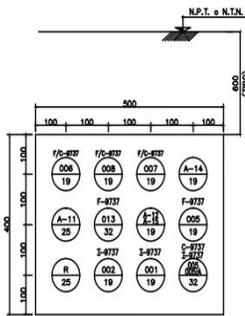
PLANTA CLARIFICADORA

ESC. 1:50



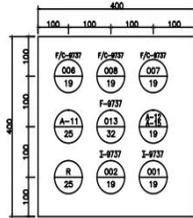
PLANTA GENERAL

ESC. 1:200



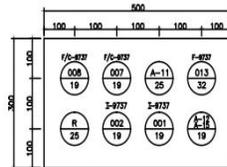
CORTE 1-1

N.E.E.



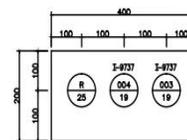
CORTE 2-2

N.E.E.



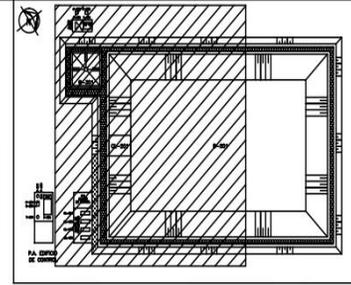
CORTE 3-3

N.E.E.



CORTE 4-4

N.E.E.



CROQUIS DE LOCALIZACION

N.E.E.

NOTAS :

- 2.- VER SIMBOLOS , NOTAS GENERALES Y CARACTERISTICAS DE MATERIALES EN PLANO No. 9737.600.
- 3.- LA REPRESENTACION DE MOTORES , INSTRUMENTOS RUTAS DE CONDUIT , ETC. ES ESQUEMATICA POR LO TANTO NO ES EXACTA SU LOCALIZACION A MENOS QUE SE ACOTEN.
- 4.- TODOS LOS DUCTOS QUE PROTEGEN LAS TUBERIAS CONDUIT SUBTERRANEAS SERAN DE CONCRETO PORRE PINTADO DE COLOR ROJO PARA SU IDENTIFICACION.
- 5.- TODOS LOS REGISTROS SERAN DE CONCRETO.
- 6.- TODOS LOS DUCTOS IRAN A 800 mm. BAO N.P.T. o N.T.N. COMO MINIMO Y HASTA DONDE LO PERMITA EL TERRENO.

PENDIENTES :

ENTREGA AL ESPECIALISTA DE BASES DE DISEÑO.

VERIFIQUE LA ESCALA LA LONGITUD DE LA BARRA ES DE 2 cm EN EL DIBUJO ORIGINAL. SI LA BARRA NO ES DE 2 cm., EN LA IMPRESION, MANTEN LA ESCALA.	
EL CONTENIDO DE ESTE DIBUJO ES CONFIDENCIAL Y DEBE MANTENERSE CONFIDENCIAL, REPRODUCCION O UTILIZADO EN CUALQUIER FORMA, SIN AUTORIZACION PREVIA A DEVOLUCION, DE SER SOLICITADO.	
NO PARA REVISION Y/O APROBACION	FECHA: 30/12/97
REVISION	POR/APR. FECHA
TITULO:	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO AREA DE LAGUNAS
CLIENTE:	PLANTA CELAYA
DIBUJO:	R.P.G.
REVISOR:	J.M.M./M.C.A.
APROBADO:	R.P.G.
ESCALA:	SIN ESCALA
PRIMERA FECHA DE EMISION:	30/12/97
DI # :	9737.605
REV.:	Q

Figura XX Ejemplificación de errores comunes en la presentación de entregables de ingeniería. Fuente PTAR Celaya

Plan de gestión de los riesgos.

Un riesgo es un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto positivo o negativo en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Un riesgo puede tener una o más causas y, si sucede, uno o más impactos (PMI, 2017).

Toda actividad de un proyecto de ingeniería tiene la característica de contar con un riesgo asociado por lo que se deberá administrar y evaluar todos los riesgos que hayan sido identificados a lo largo del desarrollo de la etapa de ingeniería.

Para la etapa del desarrollo de la ingeniería conceptual del proyecto, el análisis de riesgos puede seguir una estrategia del tipo C-R-E, (Causa, Riesgo, Efecto), donde un grupo especial que se designa para realizar el análisis, identifica los posibles riesgos que podrían presentarse de acuerdo al alcance y avance y definición que se tiene del proyecto en ese momento (Alvarado De La Fuente, 2016).

Por lo que se recomienda realizar las siguientes actividades:

- Designación del Grupo de Administración de Riesgos y sus responsabilidades.
- Actualizar al equipo con el alcance y avance del proyecto, para el análisis de riesgo.
- Seleccionar las herramientas de análisis a utilizar (Matrices o tablas C-R-E).
- Presentar información histórica y lecciones aprendidas con que cuente la empresa.
- Analizar la opinión del: Cliente, PM, Gerencia de la compañía, Especialistas de ingeniería.
- Realizar un análisis C-R-E

Probabilidad e impacto de los riesgos al proyecto.

La siguiente tabla es una forma de clasificación cualitativa de riesgos de acuerdo a la probabilidad en que pueden presentarse y el impacto que podrían tener en la calidad del producto (Entregables de ingeniería).

Tabla 13 Probabilidad de ocurrencia de riesgos Presentación del curso Admón. De proyectos- semestre 2019-2-Elisa Elvira Guinea Corres-UNAM-2019

Probabilidad de ocurrencia		Impacto en la Calidad
Muy alto	100%-71%	Impacto muy significativo en la funcionalidad total del proyecto.
Alto	70%-51%	Impacto significativo en la funcionalidad total del proyecto.
Moderado	50%-31%	Algún Impacto en áreas claves funcionales.
Bajo	30%-11%	Menor impacto en la funcionalidad total.
Muy bajo	10%-1%	Menor impacto en las funciones secundarias.

Informe C-R-E.

Una vez identificados los riesgos por el grupo de análisis y clasificados de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia se procede a evaluarlos para posteriormente proponer soluciones de mitigación y control. Por lo que se deberá desarrollar un análisis de la siguiente manera:

Tabla 14 Matriz para la evaluación e informe de riesgos Fuente: Elaboración propia.

No. de ID	Etapas/Disciplina	Causa	Riesgo	Efecto	Probabilidad de Ocurrencia	Severidad de Impacto

No. De ID: Etiqueta o número de identificación para poder identificar los riesgos de una manera práctica.

Etapas/ Disciplina: Esta columna hace referencia a que etapa del proyecto pertenece el riesgo, así como la disciplina que participa directamente, esta última puede ser opcional dependiendo el avance del proyecto.

Causa: Hecho o requerimiento de arranque que provocará o desembocará en el riesgo potencial identificado. Por ejemplo. Falta de espacio en la zona de almacén del producto final (PMI, 2017).

Riesgo: Evento incierto o conjunto de circunstancias que en caso de que ocurran tendrán un efecto en el alcance de al menos uno de los objetivos del proyecto, es decir, recaer en desviaciones del tiempo, costo o calidad del proyecto IPC (PMI, 2017).

Efecto: Consecuencia potencial contra los objetivos del proyecto provocada por la ocurrencia del riesgo no controlado o no evitado (PMI, 2017).

Existen herramientas informáticas que ayudan al análisis de riesgo de proyectos, una herramienta muy utilizada por las grandes compañías es el software de Crystal Ball® que es un software de aplicación fácil de aprender y usar que permite efectuar un análisis de riesgo y de pronóstico orientado a través de gráficos, y destinado a reducir la incertidumbre en la toma de decisiones, ya que este software está basado en la aplicación de la Técnica probabilística de Simulación Monte Carlo.

Crystal Ball® es una herramienta que podrá ayudar a validar y respaldar sus decisiones, optimizar los recursos escasos, maximizar la rentabilidad o efectividad de cualquier proyecto

Plan de gestión de los interesados (stakeholders) en el proyecto.

Detección de los interesados.

Para identificar a los interesados en el diseño de la PTAR se recomienda seguir la metodología que se presenta a continuación.

Paso 1: Tormenta de ideas interna (a nivel de gerencia de proyectos) sobre todas las entidades que de una u otra manera se verán afectadas antes, durante y después de la ejecución del proyecto.

Paso 2: Conciliar y acordar una lista de todos los stakeholders.

Paso 3: Documentar las expectativas y objetivos de cada uno de ellos.

Paso 4: Identificar las “áreas de interés común” (con el fin de establecer coaliciones a favor del proyecto).

Influencia de los interesados.

Una vez que se conoce a los interesados del proyecto habrá que indagar y analizar qué expectativas y objetivos tiene cada uno de estos sobre el proyecto, por lo que se deberá tener una adecuada comunicación con cada uno de ellos, con el fin de documentar claramente la influencia negativa o positiva que podrán tener en el proyecto.

Para realizar este análisis se deben de identificar áreas de interés en común por parte de los interesados que pueda derivar en coaliciones que resulten benéficas para el proyecto utilizando y potencializando las influencias positivas de cada uno de ellos.

Paso 5: Documentar en una “Matriz de análisis de interesados” el nivel de influencia en el proyecto de cada uno de los diferentes stakeholders.

Como se puede observar esta serie de pasos tienen como finalidad proporcionar una matriz de análisis de interesados, es importante mencionar que esta matriz junto con la lista de interesados debe ser actualizada periódicamente, documentando las expectativas actuales especialmente de aquellos stakeholders que sean críticas para el éxito del proyecto.

La matriz de interesados podrá ser presentada de la siguiente manera:

Tabla 15 Matriz de interesados Fuente: Elaboración propia

Nombre	Puesto	Organización/ Empresa	Ubicación	Rol en el proyecto	Requisitos principales	Grado de influencia	Fase/ Área de mayor interés.
Francisco González Ortiz Mena	Director General Adjunto de Banca de Inversión	FONADIN- PROMAGUA	CDMX	Patrocinador	Diseño, Construcción y operación del proyecto: Ampliación de la PTAR Atapaneo.	Muy alto.	Proyecto en su totalidad. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)

El diseño de un PTAR por lo regular tiene los siguientes stakeholders: Cliente, Promotor o convocante, patrocinador, compañía adjudicataria, líder de proyecto, administrador del proyecto, integrantes operativos (especialistas de ingeniería), integrantes externos y comunidad municipal.

Todos los interesados (stakeholders), tendrán diversas funciones y responsabilidades dentro del desarrollo de la ingeniería por lo que sus actividades estarán enfocadas totalmente al diseño de la PTAR.

- **Cliente (entidad Municipal).** Es la dependencia gubernamental que con base en necesidades de la población requiere de un proyecto IPC de una PTAR municipales.
- **Promotor o Convocante.** Es la institución ya sea gubernamental o no que tiene como propósito cumplir con la entrega de un proyecto enfocado al diseño y posterior construcción de un PTAR municipales.
- **Patrocinador (Sponsor).** Es la persona u organización encargada de proporcionar los recursos para el proyecto, un patrocinador puede formar parte de la dirección de la compañía
- **Compañía adjudicataria.** Es la organización a quien fue adjudicada el contrato para realizar el proyecto IPC o alguna parte de este (Ingeniería o Procura o Construcción).
- **Administrador del proyecto.** Es el encargado de planear, organizar, dirigir y controlar todos los aspectos relacionados al proyecto, esto con el fin de que los principales objetivos se cumplan de acuerdo a lo estipulado, selecciona al equipo de trabajo que se encargará de realizar las actividades y tareas enfocadas al diseño de la PTAR, revisa y aprueba el cumplimiento de calidad en los entregables, revisa y actualiza el programa así como las estimaciones de costos del proyecto, mantiene las revisiones y aprobaciones del líder del proyecto así como del patrocinador.
- **Especialistas Operativos.** Son los desarrolladores del proyecto, estos especialistas de ingeniería tienen puesto su interés en cumplir los objetivos del proyecto y participan de manera directa en todas las etapas del proyecto ya sea a nivel gerencial u operativa.
- **Comunidad Municipal.** En el desarrollo de la ingeniería de la planta de tratamiento de aguas residuales deberá ser focalizada hacia la población del municipio de (seleccionar municipio) quienes serán los usuarios finales del producto.

Plan de gestión de los recursos humanos.

Un plan de gestión de los recursos humanos, nos habla sobre cómo aprovechar el máximo potencial de la plantilla para el proyecto y como mantener el nivel de calidad en el producto que se entrega al cliente y que es desarrollado por los especialistas de cada disciplina de ingeniería.

Selección de un tipo de organización para llevar a cabo el proyecto.

Definir la organización dentro de la compañía no es una tarea propia del administrador de proyectos ya que la organización está conformada por un grupo de personas coordinadas, integradas y orientadas a lograr objetivos organizacionales, incluyendo al administrador del proyecto, esta organización puede variar de acuerdo a la firma de ingeniería que esté a cargo del proyecto ya

que cada compañía tiene una propia basada en sus intereses y en sus políticas internas.

Una organización debe tener las siguientes cualidades para lograr el éxito en el desarrollo del proyecto:

- Dinámica.
- Óptima.
- Capaz.
- Con buena comunicación en todos los niveles jerárquicos.

Para el desarrollo de este tipo de proyectos en particular, se recomienda a la compañía encargada del diseño utilizar una organización del tipo gerencial ya que permite un mayor control de los entregables de ingeniería, así como su supervisión y aprobación por el administrador de proyectos. En este tipo de organizaciones el equipo de trabajo para el proyecto se divide por gerencias de cada disciplina de ingeniería y tiene una distribución jerárquica piramidal es decir que cada nivel dentro de la organiza se establece por responsabilidades (Ver **Figura XXI**).

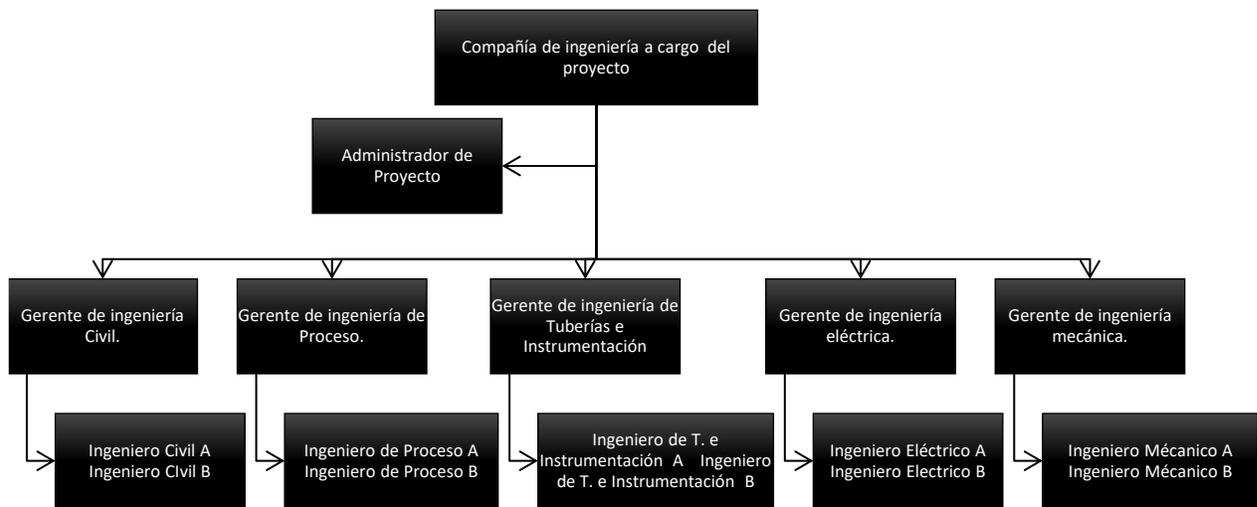


Figura XXI Organización del tipo gerencia recomendada para el proyecto Fuente: elaboración propia

Integración del equipo de proyecto.

El éxito de un proyecto no depende de una sola persona, sino de un equipo enfocado en alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Dada la complejidad de las tareas en la elaboración del diseño, se deberá buscar a un administrador de proyectos que a su vez se encargará de seleccionar o captar talento que cumplan con el perfil de puesto requerido para ser gerente de Ingeniería, una vez teniendo completo el nivel de las gerencias de ingeniería se procede a contratar y capacitar a dos Ingenieros especialistas de cada disciplina, uno del tipo **A** (Con experiencia en el desarrollo de proyectos similares) y uno del tipo **B** (En desarrollo, con

constante capacitación), a continuación se mencionan aspectos importantes del perfil de puestos para cada integrante del equipo de trabajo:

Administrador del proyecto:

- Experiencia mínima de 7 años en gerencia de proyectos de diseño, procuración y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Habilidad para trabajar bajo presión.
- Eficacia en la organización (busca el equilibrio entre las tareas y las personas).
- Habilidad para seleccionar intuitivamente.
- Disposición para escuchar y capacidad para expresarse.
- Habilidad para ayudar a los individuos u organizaciones para superarse a sí mismos.

Gerente de ingeniería (Por especialidad):

- Experiencia mínima de 5 años en desarrollo de ingeniería, procuración y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Habilidad para trabajar bajo presión.
- Habilidades de liderazgo.
- Buen manejo de grupo.

Ingeniero especialista tipo A (Por especialidad):

- Experiencia mínima de 2 años en desarrollo de ingeniería, procuración y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Habilidad para trabajar bajo presión.

Ingeniero especialista tipo B (Por especialidad):

- Conocimientos básicos en desarrollo de ingeniería, procuración y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Habilidad para trabajar bajo presión.

Alineación (integración humana armoniosa).

Una vez que se encuentra organizado el equipo de trabajo, es tarea del administrador de proyectos lograr que los integrantes desarrollen todas sus actividades en un ambiente de cooperación y armonía dentro de la organización.

En el proceso de alineación el administrador de proyectos deberá tomar las siguientes recomendaciones:

- Mantener la aceptación y el compromiso de todo el equipo de trabajo con los objetivos generales y particulares durante todas las etapas del proyecto.
- Realizar los procedimientos y sistemas en la ejecución del proyecto, logrando ser así un ejemplo a seguir para toda la organización del proyecto.
- Desarrollar una cultura de buenos valores, actitudes positivas y buen comportamiento laboral, ya que esto fomentará la honestidad, confianza y respeto entre todos los integrantes de la organización del proyecto.
- Proporcionar toda la información necesaria disponible (Datos y objetivos actualizados) a todos los miembros del equipo de trabajo.
- Realizar juntas de corta duración con los gerentes de las diferentes disciplinas de ingeniería para informar sobre el avance del proyecto, así como del cumplimiento de los objetivos generales y particulares del proyecto.
- Mantener siempre una comunicación abierta con todos los integrantes de la organización.
- Establecer un sistema de recompensa y reconocimiento, para promover el alcance de los objetivos del proyecto en menor tiempo y con la calidad deseada.

Plan de gestión de las comunicaciones.

La comunicación es sumamente importante en cualquier tipo de proyecto, para el caso particular del desarrollo de la ingeniería, se deberán incluir actividades por medio de las cuales la información sea distribuida de una manera efectiva a todo el equipo del proyecto.

El administrador de proyectos emplea la mayoría de su tiempo en comunicarse con los miembros de su equipo y con entidades externas (Cliente, patrocinador, autoridades, etc.) por lo que es de suma importancia que se cuente con una metodología de distribución de la información.

Estrategia de distribución de la información.

Para el desarrollo de una estrategia tendremos que responder las siguientes preguntas:

1. ¿Qué información necesitan los interesados?

Los interesados tendrán que recibir información acerca del cumplimiento de los cuatro principales objetivos del proyecto (tiempo, costo, alcance y calidad).

2. ¿Cuándo necesitarán la información?

El cuándo se necesitará de la información será en todo momento, ya que se deberá tener cierto control en las actividades y en el estatus del proyecto en todo momento y esta información deberá ser actualizada semanalmente.

3. ¿Cuántos canales hay involucrados?

Los canales de la información están determinados por la siguiente ecuación:

$$CI = \frac{(N)(N - 1)}{2}$$

Donde N = Número de interesados clave en el proyecto.

Se puede observar que existe una correspondencia lineal entre el tamaño del proyecto y las fallas que puedan derivarse a raíz de la una comunicación ineficiente.

4. ¿Quién se comunica con quién?

La comunicación deberá transferirse de una manera vertical en escalas jerárquicas de un superior hacia sus especialistas encargados y de manera horizontal entre los gerentes de ingeniería.

5. ¿Quién recibirá la información?

La información estará disponible para todos los interesados en el proyecto ya que es de suma importancia que conozcan el avance y el cumplimiento de los objetivos.

6. ¿Cómo se distribuirá la información?

La información tendrá que ser distribuida por especialidades, proveniente del administrador del proyecto que deberá asignar información específica a cada gerencia de ingeniería, que a su vez tendrá que retroalimentar tanto al administrador del proyecto como a los otros gerentes de ingeniería bidireccionalmente.

7. ¿Qué tecnología utilizaremos?

Para establecer canales de comunicación efectiva se recomienda el uso de:

- Correo electrónico.
- Redes sociales.
- Intranet de la compañía.

Es muy importante, saber elegir el tipo de comunicación más adecuado para cada situación. El siguiente esquema, nos va a ayudar a elegir el enfoque más oportuno:

Documentos digitales formales.	Problemas complejos, planes, actas.
Redacción de correos electrónicos.	Notas, solicitudes o comunicados.
Uso de redes sociales.	Avisos, solicitudes informales o videoconferencias.
Verbal Formal.	Presentaciones, discursos, o juntas.
Verbal Informal.	Conversaciones.

Figura XXII Esquema de comunicaciones Fuente: Elaboración propia

8. ¿Con qué frecuencia será la comunicación?

La frecuencia de las comunicaciones para un proyecto de ingeniería se recomienda que sea mediante reuniones gerenciales de 10 o 15 minutos cada tercer día y una reunión entre los gerentes y el administrador de proyectos, con la misma duración de tiempo, los días lunes y viernes de cada semana.

Plan de gestión de las adquisiciones.

Una parte fundamental donde la compañía encargada del proyecto tendrá que realizar una evaluación y una toma de decisiones asertiva en el concepto si se va a adquirir o se va a rentar estos productos o servicios.

Para desarrollar la ingeniería de la PTAR la compañía adjudicataria dependiendo de su infraestructura deberá contar con los suficientes recursos para la ejecución del proyecto, a continuación, se hace una recomendación de los recursos y condiciones mínimos necesarios para el presente proyecto.

Recursos humanos.

Especialidad	Tipo	Cargo
Proyectos.	Ingeniero(a) especialista A.	Administrador del proyecto.
Proceso.	Ingeniero(a) especialista A.	Gerente de ingeniería.
Proceso.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Proceso.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Civil.	Ingeniero(a) especialista A.	Gerente de ingeniería.
Civil.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Civil.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Eléctrica.	Ingeniero(a) especialista A.	Gerente de ingeniería.
Eléctrica.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Mecánica.	Ingeniero(a) especialista A.	Gerente de ingeniería.
Mecánica.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Instrumentación y Control.	Ingeniero(a) especialista A.	Gerente de ingeniería.
Instrumentación y Control.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Tuberías.	Ingeniero(a) especialista A.	Gerente de ingeniería.
Tuberías.	Ingeniero(a) especialista B.	Ingeniero especialista.
Administrativa.	N/A	Asistencia ejecutiva en el departamento de proyectos.
Administrativa.	N/A	Asistencia ejecutiva en el departamento de proyectos.
Legal.	Licenciado(a) en derecho.	Encargado de todos los aspectos legales correspondientes al proyecto.
Administrativa.	N/A	Asistencia ejecutiva en el departamento legal.

Recursos tecnológicos.

Recurso	Cant.	Tipo (Especificaciones)	Depto.
Aparato auricular.	8	Recomendado por la compañía de servicios telefónicos	General.
Modem inalámbrico.	1	Recomendado por la compañía de servicios telefónicos	General.

Recurso	Cant.	Tipo (Especificaciones)	Depto.
Repetidor de señal inalámbrica.	3	Recomendado por la compañía de servicios telefónicos	General.
Equipo de computo	1	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente.	Proyectos.
Equipo de computo	3	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente. Simulador de procesos.	Proceso.
Equipo de computo	3	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente. Propio para volumetrías.	Civil.
Equipo de computo	2	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente. Propio para volumetrías.	Eléctrica.
Equipo de computo	2	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente. Propio de la especialidad.	Mecánico.
Equipo de computo	2	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente. Propio de la especialidad.	Instrumentación y control.
Equipo de computo	2	Escritorio, Procesador Core i7® o superior. Software: Ofimático más reciente. Paquetería CAD más reciente. Propio de la especialidad.	Instrumentación y control.
Equipo de computo	4	Portátil, Procesador Core i3® o superior. Software: Ofimático más reciente.	Legal/ Administrativo.
Impresoras.	3	Uso continuo (Rudo)	General.
Plotter.	1	Inyección de tinta Tamaño de impresión A1	General.
Proyector	1	Con puertos AV, USB, VGA y HDMI	General.
Recursos mobiliarios.			
Área de trabajo (Oficina)	1	Habilitada de acuerdo a las necesidades del proyecto.	General
Cubículos	19	Ordenados por especialidad. Conexiones: Red. Eléctrica. Telefónica (solo las gerencias). Inalámbrica a internet.	General
Sillas	26	Una por cada cubículo, las restantes estarán en la sala de juntas.	General
Pizarrón Acrílico	4	Medidas Estándar.	General

Recurso	Cant.	Tipo (Especificaciones)	Depto.
Insumos de papelería.	N/A	Papel Bond. Bolígrafos. Engrapadoras. Memorias USB (una por cada integrante). Clips. Folders. Post it's. Carpetas. Separadores. Lápices. Sacapuntas.	General
Sala de juntas.	1	Habilitada con todas las conexiones.	General.
Mesa para sala de juntas.	1	De acuerdo a las medidas recomendadas para la sala de juntas.	General

Servicios

- Sanitarios y servicios hidráulicos.
- Red eléctrica.
- Suministro de agua.
- Telefonía e Internet.
- Videovigilancia.

Gestionar el conocimiento del proyecto.

Este concepto puede parecer ambiguo ya que cada persona es propietaria de su conocimiento y en el desarrollo de entregables para diseño cada integrante del equipo aplica su conocimiento en la elaboración de estos mismos y podría surgir la problemática de como un administrador de proyectos puede gestionar o controlar el conocimiento de cada persona.

Para abordar este concepto se partirá del hecho que la gestión del conocimiento favorecerá la mejora en el diseño de la PTAR, mediante la conjunción de las lecciones aprendidas en el desarrollo de los entregables por especialidad.

En la ejecución de este tipo de proyectos participan especialistas expertos dirigidos por el administrador de proyectos y cada uno proporciona y genera conocimiento o aportaciones relevantes para la ejecución del proyecto, el rol del administrador del proyecto, en este sentido será lograr que las diferentes especialidades y participantes proporcionen la mayor cantidad de conocimiento útil para el desarrollo del proyecto.

Si bien cada administrador de proyectos y a su vez cada gerente de especialidad tiene su propia estrategia para llevar este procedimiento a cabo, a continuación, se presentan algunas herramientas para facilitar esta tarea al administrador del proyecto:

- Reuniones con los gerentes para solicitarles que proporcionen a su gerencia todo lo que han aprendido en diseños anteriores.
- Recopilar, analizar, compartir, evaluar y distribuir las lecciones aprendidas propias y las proporcionadas por el grupo.
- Crear un ambiente, donde los integrantes del equipo del proyecto se sientan cómodos y motivados al compartir su conocimiento.

Monitorear y controlar el trabajo del proyecto.

Este proceso deberá ser ejecutado durante todo el proyecto por el administrador del proyecto y su equipo ya que es de suma importancia dar seguimiento a los entregables durante las tres fases FEL según el desempeño de lo que está ocurriendo, y si existiera algún cambio como se implementará una vez que sea aprobado.

Para facilitar esta tarea, se recomienda de primera instancia comparar el desempeño real con el desempeño planificado, monitoreando y controlando los riesgos y nuevos riesgos que puedan afectar al diseño, otras herramientas que serán de gran ayuda para el administrador del proyecto son:

- Indicar a los gerentes especialistas, que serán los responsables de llevar a cabo el proceso de monitoreo y control de los entregables correspondientes.
- Ejecución de acciones correctivas oportunas.
- Mantener una base de datos relativa a los entregables generados, así como de los cambios que hayan sufrido.
- Generar proyecciones que permitan actualizar los estimados en 2 de los rubros principales (tiempo y costo).

Cierre de proyecto o etapa.

Un proyecto o etapa se ve concluido cuando el alcance establecido hasta ese punto se ha cumplido y no se han tenido desviaciones considerables en tiempo, costo o calidad, ya que desde el punto de vista del control del proyecto se debe contar con la información requerida para poder avanzar en las siguientes etapas o fases, sin haber sobre utilizados recursos, contar con retrasos en el programa ni mucho menos que la calidad de los entregables sea diferente a la deseada.

Una vez que se han cumplido los objetivos planteados para el proyecto o etapa, el administrador del proyecto deberá realizar su cierre, el cual se divide en dos partes:

Cierre administrativo que asegure el cumplimiento total de los objetivos establecidos al inicio del proyecto o fase; este cierre consiste en confirmar y documentar los resultados del proyecto o fase, para poder llevar a cabo la aceptación de sus entregables. Para ello se deben recolectar y organizar los

informes generados en el proyecto, asegurando que los mismos reflejan las especificaciones finales, los análisis de desempeño y la efectividad del proyecto.

Cierre contractual, para asegurar la conclusión formal de los acuerdos legales, incluyendo garantías, manuales, protocolos, archivos del contrato, bitácora, evaluaciones y lecciones aprendidas; Una vez finalizado el proyecto el encargado del área administrativa de la Presidencia Municipal deberá verificar que se hayan cumplido todos los contratos que se firmaron y constatar el desempeño del equipo. Este cierre también involucra todas las actividades necesarias para establecer y cerrar cualquier acuerdo contractual establecido en el proyecto. Para tal efecto se recomienda llevar durante la ejecución del proyecto, una carpeta que incluya todos los contratos del proyecto.

Se recomienda que previamente al cierre de cada fase del proyecto, se utilice un formato de Acta de Aceptación de Fase, (*Ver Tabla 1 del anexo 4*).

El objetivo que se persigue con el cierre del proyecto, es evaluar el resultado de los entregables por cada especialidad de ingeniería y recopilar lo sucedido, de manera que pueda ser de importancia para proyectos futuros.

El cierre del proyecto incluye labores de confirmación de requerimientos, como completar y cerrar los contratos, archivar los documentos, liberar los recursos, recibir los entregables, completar los reportes de rendimiento, entregar el producto y concluir el manual de las lecciones aprendidas.

Se recomienda que para formalizar el cierre el administrador del proyecto prepare un formato de aceptación del proyecto, donde se deja constancia que el proyecto ha sido aceptado por la autoridad municipal.

Metodología para la administración del proyecto.

Para la guía como ya se hizo referencia en capítulos anteriores se utilizó la metodología FEL en sus fases I, II, y III (Visualización, Conceptualización y Definición).



Figura XXIII Base metodológica de la GPAPPTARM. Fuente: M.I. José Antonio Ortiz Ramírez Presentación Ing. y administración de proyectos 2019.

Con el fin de garantizar la correcta alineación de la GPAPPTARM con las mejores prácticas internacionales dentro de la fase de diseño y acreditación, la etapa FEL II se encuentra dividida en dos subetapas (FEL IIA y FEL IIB), lo cual permite contar

con el nivel de definición necesario al final de la etapa. La división implica una pre validación de algunos entregables de la etapa durante FEL IIA, con el fin de poder realizar las contrataciones tecnológicas y desarrollar como mínimo el nivel de ingeniería básica durante FEL IIB. (*Ver figura XXIV*)



Figura XXIV Fase de diseño y acreditación en la metodología FEL Fuente: Avendaño, L. A. (2015). Manual del SIDP. CDMX: PEMEX.

Los entregables de las etapas FEL de diseño que se documentarán a lo largo del proyecto de ingeniería de una PTAR tendrán que estar contenidos en un entregable global que se entregará al término de cada etapa FEL y a su vez esta etapa tendrá que ser acreditada para garantizar el correcto grado de definición del proyecto, esto quiere decir que de acuerdo a la información de estos entregables globales, se tomara la decisión sobre la continuidad, cancelación o reevaluación del proyecto.

Inicio del proyecto

Acta constitutiva del proyecto (CHARTER).

Este documento podría decirse en una analogía con la vida humana que es el acta de nacimiento del proyecto ya que avala la existencia del proyecto, muestra el compromiso de la organización y/o involucrados.

Esta acta establece la relación entre estrategia organizacional y el alcance del proyecto, así como la relación de colaboración que existirá entre la organización solicitante del proyecto y la organización ejecutora.

Así mismo es un documento que asigna al administrador de proyectos un nivel de autoridad necesario para llevar a cabo el proyecto, así como la liberación de recursos por parte de la compañía solicitante para ser asignados de acuerdo a la gestión del administrador de proyectos.

Los rubros de información que debe cumplir un acta constitutiva son:

- Antecedentes
- Justificación del proyecto.
- Requisitos del proyecto.
- Alineamiento del proyecto con los objetivos estratégicos.
- Nivel de autoridad del Administrador del proyecto.

- Organización para el proyecto.
- Plazo de ejecución.
- Presupuesto.
- Condiciones de pago.
- Integrantes del proyecto y roles.
- Firmas de autorización.

En la sección del caso de estudio se muestra un modelo de “charter” para el proyecto (*ver caso de estudio*)

Etapa de Visualización.

El visualizar proyectos relacionados al medioambiente como es el caso y sobre todo de un recurso tan importante como el agua tendrá que estar fuertemente ligado a un entorno social y de mejoramiento de la calidad de vida de una región en particular por lo que autoridades municipales en solitario o en conjunto con compañías privadas deberán coordinar trabajos para la limpieza del agua con el fin de dar contar con una solución integral.

El objetivo de esta etapa es transmitir la idea general de la obra en un plano de estudio. Para facilitar esta tarea deberá ser acompañado de una memoria escrita o visual, un presupuesto estimado, una descripción de los métodos y la normatividad que se considerarán en la elaboración de la ingeniería de la PTAR.

Durante esta etapa se recomienda que se lleven a cabo las siguientes actividades:

- Descripción del proyecto (Identificación de los antecedentes de la problemática).
- Lista de interesados.
- Organigrama para la etapa de visualización.
- Estudio de mercado.
- Evaluación y selección del sitio.
- Evaluación y selección de la tecnología.
- Establecer el alcance preliminar.
- Evaluación de riesgos.
- Desarrollo del estimado de costos clase V.
- Desarrollo del caso de negocio.
- Definir los contratos necesarios para el proyecto.
- Reunión de inicio del proyecto de ingeniería con los gerentes de las especialidades que intervienen en la fase de visualización.
- Desarrollo de la ingeniería Conceptual.
- Desarrollo del estimado de costos clase IV.
- Control y seguimiento en la etapa de visualización.

- Evaluación PDRI.
- Acreditación de fase de visualización

Estudio de mercado.

Una vez decidido el objetivo del proyecto (alcance preliminar), la primera etapa que se debe realizar es un estudio de mercado, esta evaluación es el primer paso para determinar un estudio técnico-económico y la base para determinar la capacidad de tratamiento de la planta y la cantidad de materias primas adicionales para el tratamiento, con que el proyecto debe contar para alcanzar la producción deseada de acuerdo a la capacidad determinada.

El estudio de mercado debe cubrir algunos aspectos importantes que generen criterios sólidos suficientes para determinar si el proyecto generará un beneficio mutuo para la compañía quien lo realizara y para las autoridades municipales que representan a los usuarios.

Estos aspectos por cubrir son la definición del nivel de tratamiento del agua como producto, análisis de la demanda, análisis de la competencia, análisis de la oferta, análisis de precios y estudio de distribución.

Definición del nivel de tratamiento del agua residual.

Para comenzar el estudio de mercado es de suma importancia definir qué tan tratada se requiere el agua, esto con base al uso que se le vaya a dar.

Los usos comunes del agua residual tratada se dividen de la siguiente manera:

- Reincorporación a la red de agua potable municipal (para consumo).
- Reincorporación a cuerpos de agua.
- Reutilización industrial.
- Reutilización con fines agrícolas.

Horizonte del proyecto.

El horizonte de vida del proyecto está en función de su vida económica y de la vida útil del activo principal, que, para nuestro caso, son estructuras hidráulicas, equipos de proceso e instalaciones, en las cuales se tendrá que considerar el desgaste y mantenimiento que se le aplique a estas, además de considerar los volúmenes del caudal de descarga a la población objetivo.

Para el presente análisis, de acuerdo a recomendaciones de especialistas se tomará un periodo de vida útil de entre 20 y 25 años, para el horizonte de planeamiento de costos y beneficios del proyecto. En el cual se planifica la operatividad del proyecto y su mantenimiento en condiciones óptimas para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales de algún municipio en específico.

Análisis de la demanda

Entenderemos como la demanda de agua tratada a la cantidad de litros de agua tratada por segundo que nuestro mercado requiera o solicite en este caso, un municipio en particular.

Para determinar esta cantidad se tendrá que recurrir a la investigación de información proveniente de fuentes primarias (Estudios municipales e Instituciones gubernamentales).

Algunos factores a considerar cuando se analice la demanda además de la información proporcionada por el municipio son:

1. Población total en el municipio seleccionado (PT).
2. Tasa de crecimiento (TC). (Poblacional promedio anual).
3. Consumo per cápita al año, de agua de la población municipal (CpC).
4. Habitantes por vivienda (HV).
5. Precios de referencia regionales del Litro de agua tratada (PR).
6. Ingreso per cápita de la población municipal (IpC).
7. Cobertura del servicio de suministro del agua (CA).
8. Nivel socioeconómico promedio municipal (NSE).
9. Clima promedio municipal.

A continuación, se muestra una tabla con datos promedio del consumo de agua de acuerdo a los apartados **8 y 9**.

Clima	Nivel Socioeconómico		
	Bajo	Medio	Alto
	m ³ /toma/mes		
Cálido Húmedo	24	25	28
Cálido Subhúmedo	20	23	26
Seco o Muy Seco	22	22	22
Templado o Frío	15	16	14

(*) Los niveles socioeconómicos están determinados con base en una clasificación de las viviendas por Área Geoestadística Básica (AGEB).

Para el clima de cada localidad se utilizó el Sistema de Clasificación Climática de Köppen

Fuente: Encuesta sobre el consumo de agua potable en los hogares (CIDE).

Una vez seleccionado el sitio de la posible construcción de la PTAR, se deberá buscar los datos de los apartados número **1,2,4 y 6** en bases históricas de datos proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y los apartados número **3,5 y 7** en bases de registros históricos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Una vez teniendo los datos de los apartados número **1,2 y 3** con métodos matemáticos y estadísticos se procederá a realizar una proyección del número de habitantes y del consumo per cápita de agua en el periodo de vida útil que se haya

especificado una vez teniendo los datos arrojados por la proyección se procederá a calcular la demanda de agua de la siguiente manera:

$$HV_{anual} = \frac{PT_{anual}}{HV}$$

$$D_{anual} = (HV_{anual})(CpC_{proyectado})$$

$$D_{día} = \frac{D_{anual}}{365}$$

Donde:

$$HV_{anual} = \text{Habitantes por vivienda anual proyectado} \left[\frac{\text{Habitantes anuales proyectados}}{\text{Vivienda}} \right]$$

$$D_{anual} = \text{Demanda anual de agua proyectada} \left[\frac{\text{Litros}}{\text{Vivienda*s}} \right]$$

$$D_{día} = \text{Demanda promedio día proyectada} \frac{\text{Litros}}{s}$$

Como dicta la lógica el uso del agua varía con respecto a muchos factores temporales por lo que es de suma importancia aplicar un factor de corrección a la demanda obtenida de la siguiente manera:

$$Q \max_{día} = (D_{día})(CV_d)$$

$$Q \max_{horaria} = (D_{día})(CV_h)$$

Donde:

$$Q \max_{día} = \text{Demanda máxima diaria.} \left[\frac{\text{Litros}}{(\text{vivienda})(s)} \right]$$

$$Q \max_{horaria} = \text{Demanda máxima horaria.} \left[\frac{\text{Litros}}{(\text{vivienda})(s)} \right]$$

Para la obtención de los factores de variación diaria y horaria lo adecuado es hacer un estudio de demanda de la localidad, pero si no se puede llevar a cabo lo anterior se podrán considerar los valores de los coeficientes de variación diaria y horaria medios que reportan en IMTA (1993), los cuales se presentan a continuación:

Concepto	Valor
Coefficiente de variación diaria (CV _d)	1.20 a 1.40
Coefficiente de variación horaria (CV _h)	1.55

Para obtener una tabla del tipo:

Año.	Demanda Max. Diaria	Demanda Max. Horaria
0		
1		
2		
.		
.		
.		
20		

Con la información de la anterior tabla se podrá obtener el flujo volumétrico de agua tratada diaria que se necesita para cubrir las necesidades del municipio.

Análisis de la oferta

La oferta es la capacidad de abastecimiento de agua para satisfacer la demanda del municipio ya sea de fuentes directas o indirectas, bajo esta premisa existen varios aspectos a considerar para establecer la oferta de agua tratada proveniente de una PTAR como lo son:

- **Precio final:** Se establece con la siguiente tendencia; a medida que aumenta la cantidad de agua de abastecimiento al municipio, disminuye el precio. Si la cantidad disminuye entonces el precio tiende a incrementarse, por lo que se puede concluir que el precio y la cantidad de agua de abastecimiento son inversamente proporcionales.
- **Tecnologías de tratamiento:** A medida que existen avances tecnológicos se vuelve más fácil realizar el tratamiento de las aguas residuales por lo que aumenta la capacidad de las PTAR's para realizar este proceso con un índice de eficiencia mayor.
- **Oferta de insumos para el tratamiento:** Dependiendo del proceso de tratamiento se utilizarán diferentes insumos que tendrán relevancia en la oferta dentro de los aspectos de abundancia y carencia.

Al igual que la demanda, el número de habitantes tiene un papel fundamental en la estructura del análisis de la oferta.

Análisis de los requerimientos de recursos físicos y financieros.

Todas las compañías de desarrollo de ingeniería y que tienen en puerta un proyecto de diseño una PTAR, tendrán de algún modo contar con la infraestructura y los recursos financieros necesarios.

- Se entiende por recursos financieros:
- Dinero en efectivo
- Saldo en cuentas bancarias.
- Aportaciones de los socios (Acciones).
- Utilidades.
- Prestamos de acreedores o proveedores.

- Créditos bancarios o privados.
- Emisión de valores (bonos)

Estos recursos servirán para cubrir gastos, durante la ejecución del anteproyecto y del proyecto. Es muy importante realizar un planteamiento financiero antes de comenzar con el anteproyecto ya que se convertirá en un plan estratégico de cómo conseguir fondos para llevar a cabo todas las actividades.

Los recursos físicos o infraestructura para el diseño de una PTAR se pueden decir que son:

- Instalaciones.
- Servicios.
- Mobiliario de oficina.
- Patentes.
- Licencias de tecnología.
- Licencias de software especializado en el diseño de PTAR's.

Se deberá de analizar si se cuenta con la infraestructura necesaria y de ser el caso se procede a continuar con la ejecución del proyecto.

Como este es el caso de un diseño de una PTAR se recomienda contar con los suficientes recursos económicos, así como con la mayoría de aspectos mencionados en términos de infraestructura. Esto siempre definido por el expertis del jefe de proyecto o entidades con mayor nivel jerárquico y mayor experiencia realizando este tipo de proyectos.

Análisis de la competencia.

En la actualidad el mercado del servicio de construcción de PTAR's tiene compañías que compiten de manera comercial en proporcionar a los usuarios los mejores beneficios si estos acceden a crear una relación laboral con estas compañías, por lo que si una compañía nueva quiere entrar en la competencia deberá considerar los siguientes conceptos con respecto a sus adversarios comerciales:

- Localización de principales competidores en el área de influencia seleccionada.
- Segmentos del mercado a los que van dirigidos.
- Experiencia en el proceso de tratamiento de aguas residuales municipales.
- Avances tecnológicos.
- Logros conseguidos.
- Estrategias comerciales.
- Opiniones de clientes.

Para cerrar este concepto es de gran utilidad realizar un análisis **FODA** donde se podrá visualizar el panorama actual de la compañía ante el mercado.

Estudio de distribución.

Una vez conociendo la cantidad de agua tratada demandada y ofertada es posible determinar un plan de distribución que respaldado con un análisis de satisfacción de necesidades que requieran las viviendas municipales, teniendo así una ventaja competitiva frente a la competencia, es decir un diferenciador en la cadena logística del agua tratada.

Distribución por gravedad:

El agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población. De esta forma se mantiene una presión suficiente y prácticamente constante en la red para el servicio a los usuarios.

Este es el método más confiable y se debe utilizar siempre que se dispone de cotas de terreno suficientemente altas para la ubicación del tanque, para asegurar así las presiones requeridas en la red.

La tubería que abastece de agua al tanque (línea de conducción) se diseña para el gasto máximo diario Q_{md} y la tubería que inicia del tanque hacia el poblado (línea de alimentación) para el gasto máximo horario Q_{mh} . (SGAPDS Libro12).

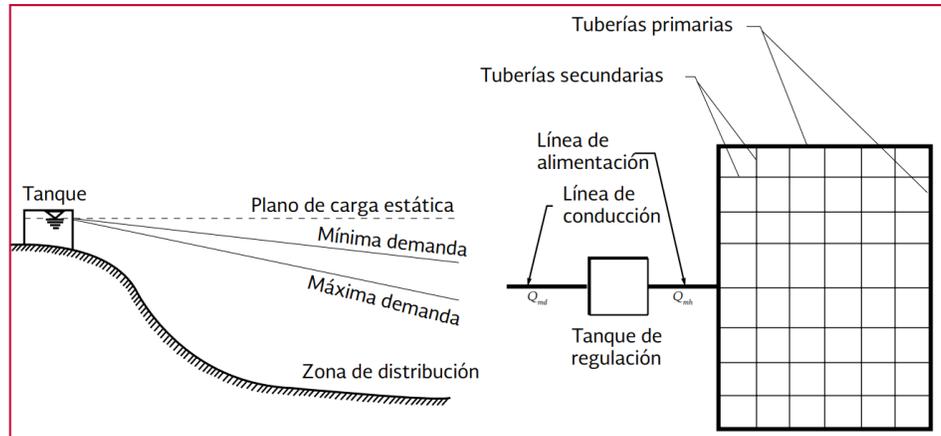


Figura XXV Distribución por gravedad Fuente: CONAGUA SGAPDS Libro12

Distribución por bombeo:

1. Bombeo directo a la red, sin almacenamiento Las bombas abastecen directamente a la red y la línea de alimentación se diseña para el gasto máximo horario Q_{mh} en el día de máxima demanda. Este sistema cuenta con un grave problema, puesto que una falla en el suministro eléctrico significa una interrupción completa del servicio de agua Al variar el consumo en la red, la presión en la misma cambia también. Así, al considerar esta

variación, se requieren varias bombas para proporcionar el agua cuando sea necesario.

2. Bombeo directo a la red, con excedencias a tanques de regulación En esta forma de distribución, el tanque se ubica después de la red en un punto opuesto a la entrada del agua por bombeo y la tubería principal se conecta directamente con la tubería que une las bombas con el tanque. El exceso de agua bombeada a la red durante periodos de bajo consumo se almacena en el tanque y durante periodos de alto consumo, el agua del tanque se envía hacia la red, para complementar la distribuida por bombeo La experiencia de operación en México ha mostrado que esta forma de distribución no es adecuada. [SGAPDS-1-15-Libro12]

Distribución por pipeo:

Esta opción se deberá considerar al final debido a que consiste en contar con uno o varios centros de abastecimiento donde pipas serán llenadas y distribuirán el agua a las viviendas. El gran problema de este método de distribución radica en los costos de operación de este mismo debido a que se tiene que considerar el gasto por construcción e infraestructura de cada centro de abastecimiento, la renta o compra de las pipas repartidoras, gastos por combustible, gastos por sueldos a repartidores y ayudantes. En general, la distribución por pipeo se debe evitar al máximo en los proyectos y solo podrá utilizarse en casos excepcionales, donde se pueda justificar los altos costos que esta demanda.

Identificación de oportunidades de negocio o beneficio para la compañía.

El punto de partida de todo proyecto para PTAR's es la idea. Sin embargo, tener una idea de negocio no implica haber identificado una oportunidad de negocio, factor fundamental para ejecutar el proyecto. Por tanto, es importante que la "idea" tenga características que representen posibilidades de convertirse en un negocio perdurable, que satisfaga las necesidades de los clientes y permita la obtención de beneficios.

Elección de la idea e identificación de la oportunidad de negocio.

Cuando se proceda a identificar las oportunidades de negocio se debe considerar dar respuesta a las siguientes preguntas.

- ¿Con el diseño y posible construcción de la PTAR se satisfacen las necesidades de los clientes y usuarios potenciales?
- ¿Los potenciales clientes y patrocinadores cuentan con los suficientes recursos económicos para solventar la ejecución del proyecto?
- ¿Nuestra compañía cuenta con los suficientes conocimientos y experiencia en este tipo de proyectos?

- ¿Nuestra compañía actualmente cuenta con los recursos y la infraestructura necesarios para ejecutar un proyecto de esta naturaleza?

Por tal motivo se recomienda realizar una evaluación del tipo matricial como la que se muestra continuación:

Tabla 16 Matriz de identificación de negocios Fuente: Elaboración propia.

Criterio	% de impacto al proyecto	Desaladora		Tratamiento por Humedales A.		Tratamiento por L.A.	
		Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación
Satisfacción de necesidades.	30%	80	24	80	24	80	24
Solvencia por parte de los clientes.	40%	70	28	100	40	90	36
Demanda del agua tratada.	15%	90	13.5	70	10.5	95	14.25
Conocimientos y experiencia.	10%	60	6	10	1	80	8
Recursos e infraestructura.	5%	80	4	90	4.5	100	5
TOTAL	100%		75.5		80		87.25

El % de impacto al proyecto consiste en una definición de importancia en los criterios en la evaluación de las ideas de negocio, la puntuación se considera en un total de 100 puntos para cada criterio a evaluar dependiendo de la i.

La calificación de cada rubro es el producto de la escala por la puntuación. La calificación total nos permite tener una visión más clara sobre la ejecución de una u otra idea desde el punto de vista de negocio, esta calificación se obtiene mediante la suma de las calificaciones individuales de cada criterio.

Identificación de los antecedentes de la problemática.

Todos los proyectos de construcción de PTAR's, comienzan por un determinado conflicto en el cual hay un cuerpo de agua que se debe limpiar o que esté cuerpo de agua alimenta a una comunidad, pero la calidad del agua no es la adecuada de acuerdo a la normativa vigente, por lo que se deberá realizar un análisis para identificar cual es la causa de que se pretenda construir una PTAR.

Otros conceptos para identificar un problema relacionado al agua potable son:

- Proliferación de enfermedades producidas por el consumo de aguas contaminadas.
- Desabasto en la red de suministro municipal.
- Mala gestión del tratamiento de los recursos hídricos.

- Plantas obsoletas en operación que representan pérdidas económicas para la administración municipal.

Evaluación y selección de sitio.

Debido a la naturaleza de los proyectos de tratamiento de aguas residuales en los municipios, es de suma importancia tomar consideraciones especiales en la selección del sitio ya que esta decisión trae consigo diversos factores que funcionan como beneficio para el proyecto o en caso contrario obstaculizan la ejecución de este mismo.

El proceso de evaluación y selección de sitio se encuentra altamente ligados a un estudio de mercado, a una selección de tecnología, evaluaciones ambientales y un análisis de riesgos.

Para esta primera etapa de selección, se propone que se conjunte información en una matriz que pondere la importancia que cada factor presenta sobre la selección de una región.

Tabla 17 Matriz de factores para la evaluación de sitio Fuente: Elaboración propia

Criterio	% de impacto al proyecto	Municipio 1		Municipio 2		Municipio 3	
		Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación
Contaminación de ríos que abastecen al municipio.	30%	50	15	80	24	60	18
Desabasto municipal en el suministro de agua potable.	20%	40	8	30	6	90	18
Cercanía con en el efluente a tratar.	30%	30	9	40	12	30	9
Condiciones climáticas.	5%	60	3	20	1	50	2.5
Disponibilidad de terreno.	5%	65	3.25	30	1.5	60	3
Impacto del producto en el mercado (comunidad municipal).	10%	75	7.5	10	1	50	5
TOTAL	100%		45.75		45.5		55.5

El % de impacto al proyecto consiste en una definición de importancia en los criterios en la evaluación de municipios, la puntuación se considera en un total de 100 puntos para cada factor y el valor es determinado de acuerdo al proceso y a la información que se haya consultado, la información para asignar un puntaje determinado a cada

factor debe ser consultada de fuentes formales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La calificación de cada rubro es el producto de la escala por la puntuación. La calificación total, que es el resultado que nos permite seleccionar una ciudad, es la suma de las calificaciones individuales de cada factor.

Una vez que se tiene una selección de dos o tres posibles municipios, se debe llevar a cabo una segunda evaluación con el fin de incluir otros factores menos relevantes pero que afectan al proyecto, estos factores más allá de la influencia que tengan servirán como criterio de selección de sitio que garantiza que la posible construcción de la PTAR se hará en un sitio que favorece el desarrollo del proyecto.

Posteriormente con la información suficiente y los criterios que cada proyecto considere, se asignará a cada ciudad una puntuación de acuerdo con la disponibilidad y posibilidad que cada factor presente. Esta puntuación se asigna en base a 100 puntos como valor máximo. Finalmente, la calificación será el producto entre el valor de ponderación y la puntuación asignada. La sumatoria de las calificaciones de cada factor para cada ciudad nos dará el criterio para la selección final del sitio.

Tabla 18 Matriz de ponderación de los factores para la evaluación de sitio Fuente Elaboración propia

Criterio	% de impacto al proyecto	Municipio 1		Municipio 3	
		Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación
Contaminación de ríos que abastecen al municipio.	25%	50	12.5	60	15
Desabasto municipal en el suministro de agua potable.	20%	40	8	90	18
Cercanía con en el efluente a tratar.	15%	30	4.5	30	4.5
Condiciones climáticas.	5%	60	3	50	2.5
Disponibilidad de terreno.	5%	65	3.25	60	3
Impacto del producto en el mercado (comunidad municipal).	5%	75	3.75	50	2.5
Aspectos fiscales	5%	50	2.5	30	1.5
Costo de servicios auxiliares	10%	80	8	70	7
Vías de acceso y comunicaciones	5%	50	2.5	30	1.5
Infraestructura	5%	40	2	60	3
TOTAL	100%		50		58.5

Evaluación y selección de tecnología.

En el desarrollo de la ingeniería para la PTAR, la evaluación y selección de la tecnología es un rubro muy importante. Por lo general en los proyectos se seleccionan algunos grupos de tecnólogos, donde cada uno de ellos presenta información referente a su tecnología. La evaluación de dicha información tiene como objetivo seleccionar al tecnólogo que mejor se adapte a las necesidades del proyecto, que potencialice las oportunidades de inversión y nos ayude a disminuir riesgos.

La metodología de evaluación propuesta en esta guía para ayudar a seleccionar la mejor alternativa desde el punto de vista tecnológico se basa en una matriz de decisión propuesta por el instituto de ingeniería de la UNAM en su guía "**Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales**". De la cual tomaremos los aspectos más relevantes y los adaptaremos a la presente guía. Esta matriz correlaciona los distintos aspectos que pueden ser evaluados a un proceso de tratamiento de aguas residuales municipales bajo una determinada circunstancia de aplicación mediante la asignación de calificaciones en diversos rubros según los criterios del o los evaluadores. Los rubros reciben una ponderación según su importancia, en función de cada caso de evaluación.

Esta técnica permite que una evaluación de tipo cualitativa tienda a ser más objetiva para todos los involucrados, además de que asegura que mientras más capacitados y expertos sean los participantes en fijar los valores de ponderación y de las calificaciones de los procesos, más confiable será la decisión tomada a través de la matriz.

A continuación, se mostrará y explicará al lector a grandes rasgos los conceptos que son considerados y ponderados en la matriz de decisión propuesta.

Composición típica de las aguas residuales municipales

En cualquier proyecto IPC, una etapa crucial para el desarrollo de los entregables de ingeniería es la evaluación y selección de la tecnología. Por lo general en este tipo de proyectos se seleccionan grupos de tecnólogos especialistas en el tratamiento de aguas residuales, donde cada uno presentará información referente a su tecnología. Posteriormente se tendrá que hacer una evaluación de dicha información teniendo como objetivo seleccionar al tecnólogo que mejor se adecue a las necesidades del tratamiento del agua residual, potencialice las oportunidades de inversión y mitigue los posibles riesgos en etapas posteriores del proyecto.

Para conocer esta composición es necesario contar con estudios de caracterización del agua residual, en la **figura XXVI** se observan diferentes referencias con respecto a las concentraciones y su impacto en la selección de la tecnología para el proyecto, así mismo en la **figura XXVII** se muestra información sobre la eficiencia de diferentes procesos de tratamiento, que permitirá una adecuada selección.

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN*			CONCENTRACIÓN**			CONCENTRACIÓN***		
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL	CRUDA	SEDIMENTADA	TRATADA BIOLÓGICAMENTE	FUERTE	MEDIA	LIGERA
Sólidos totales (ST)	mg/L	1200	720	350	800	680	530	1000	500	200
SDT	mg/L	850	500	250				500	200	100
SST	mg/L	350	220	100	240	120	30	500	200	100
Sólidos sedimentables (SS)	mg/L	20	10	5				250	180	40
DBO ₅	mg/L	400	220	110	200	130	30	300	200	100
COT	mg/L	290	160	80						
DQO	mg/L	1000	500	250				800	450	160
N Total	mg/L	85	40	20	35	25	20	86	50	25
N NH ₄	mg/L	50	25	12				50	30	15
N NO ₂	mg/L	0	0	0				0,1	0,05	0,001
N NO ₃	mg/L	0	0	0				0,4	0,2	0,1
N _{ORG}	mg/L	35	15	8				35	20	10
P _{TOTAL}	mg/L	20	10	6	10	8	7	17	7	2
P _{ORG}	mg/L	5	3	1						
P _{INORG}	mg/L	10	5	3	7	7	7			
Sulfatos	mg/L	50	30	20						
Cloruros	mg/L	100	50	30				175	100	15
Grasas y aceites	mg/L	150	100	50				40	20	5
Alcalinidad total	mg/L	200	100	50						
COVs	mg/L	400	400-100	100						
Coliformes totales	NMP/100 mL	10 ² -10 ⁶	10 ² -10 ⁶	10 ⁴ -10 ⁷						

Fuente:
 *Tomado de Metcalf & Eddy (2001)
 **Tomado de Hammer (1971)
 ***Tomado de Hernández (1996)

Figura XXVI Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Fuente: Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Revista Tecnura, 19(46), 149-164. doi:10.14483/udistrital

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	REFERENCIA	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)								
		SST	DBO ₅	DQO	N NH ₄	N ORG	N NO ₃	N TOTAL	P PO ₄	P TOTAL
Desarenador convencional	RAS (2000)	0-10	0-5	0-5						
	Metcalf & Eddy (2001)	0-10	0-5	0-5						
Sedimentador primario	Metcalf & Eddy (2001)	50-65	30-40	30-40		10-20			10-20	
	Fair (1954)	40-70	25-40	20-35						25-75
	Yañez (1995)	40-70	25-40							25-75
Tanque séptico	Batalha (1989)	50-70	40-62				<10	<10	<60	
Tanque séptico - filtro	Von Sperling (1996)		70-90				10-25	10-20	60-90	
Tanque Imhoff	Tchobanoglous (2000)	50	40							
Primario avanzado	Yañez (1995)	70-90	50-85							40-80
	Tsukamoto (2002)	73-84	46-70				<30	10-20	80-90	
Filtro anaerobio	RAS (2000)	60-70	65-80	60-80				30-40		
	Rodríguez et al. (2006)			75-85						
UASB	Torres (2000)	60-80	60-70				10-25	10-20	60-90	
	RAS (2000)	60-70	65-80	60-80				30-40		
	Valencia (2002)	72	83	74						
Lettinga et al (1983)			55-78							
UASB - laguna facultativa	CDMB (2006)	84	88							
UASB - lodo activado	Van Haandel - Lettinga	85-95	85-95				15-25	10-20	70-95	
UASB - lodo activado SBR	Torres (2000)	84-86	87-93				20-90	23-72		
Reactor anaerobio de flujo pistón RAP	RAS (2000)	60-70	65-80	60-80				30-40		
Reactor anaerobio de contacto	Rodríguez et al. (2006)			75-90						
Reactor anaerobio de lecho fluidizado	Rodríguez et al. (2006)			80-85						
Lodo activado convencional	RAS (2000)	80-90	80-95	80-95		15-20		10-25		
	Yañez (1995)	85-98	70-98							95-98
	Fair (1954)	55-95	55-95	50-80						90-98
	Von Sperling (1996)	80-90	85-93				30-40	30-45	60-90	
Lodo activado - SBR	Von Sperling (1996)	80-90	85-95				30-40	30-45	60-90	

Figura XXVII Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales. Fuente: Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & Pardo Pinzón, J. (2015). Revista Tecnura, 19(46), 149-164. doi:10.14483/udistrital

Aplicabilidad del proceso.

Una vez seleccionado el proceso se debe considerar que tan viable en términos técnicos se puede llevar a cabo por lo que se recomienda tomar los siguientes aspectos a consideración:

Intervalo de flujo en el cual el sistema es aplicable: los procesos pueden diseñarse y aplicarse óptimamente dentro de ciertos intervalos de caudal. En otras palabras, hay procesos mejor adaptados a flujos pequeños y otros responden mejor en flujos mayores (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013)

Tolerancia a variaciones de flujo: en general, los procesos trabajan eficientemente con un flujo constante; sin embargo, se debe tener en cuenta las variaciones de flujo que pueden ser toleradas por el sistema. Por ejemplo, si la variación del flujo es muy grande, en algunos casos se deberá emplear un tanque regulador; por otro lado, ciertos procesos responderán mejor a periodos sin alimentación de agua residual (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013)

Calidad requerida en el efluente.

La integración de un proceso de tratamiento se define en función de la calidad deseada del efluente, la cual se establece con los requerimientos de descarga fijados en la legislación vigente o bien de especificaciones para su reúso. Con esta información y la obtenida en la caracterización del agua residual a tratar, se llega a la eficacia (o porcentaje de remoción de contaminantes) que el proceso debe cumplir. Este criterio toma en cuenta el grado en que el proceso cumple con lo establecido en las condiciones de descarga. No se habla de eficiencia en este apartado porque la eficiencia implica también el uso adecuado de recursos (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013).

Generación de residuos.

Los tipos y cantidades de residuos sólidos, líquidos o gaseosos generados por un proceso de tratamiento deben ser conocidos o estimados. Algunos aspectos que deben considerarse en el procesamiento de los residuos son el sitio de disposición final y el costo de tratamiento y disposición de los mismos. La selección del tipo de tratamiento y disposición de los residuos debe hacerse a la par con el tratamiento del agua residual, ya que forma parte de un mismo sistema. Hay que tener en mente que la ley de la conservación de la materia es universal y que toda planta de tratamiento de aguas residuales generará residuos en mayor o menor cantidad y tipo, según sean las características particulares del caso (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013).

Generación de subproductos con valor económico.

En algunas plantas de tratamiento de aguas es posible generar subproductos con valor económico (cierto tipo de lodos para inóculo de otras plantas de tratamiento, lodo como mejorador de suelos o fertilizante (biosólido), biogás con valor

energético) los cuales pueden representar ventajas adicionales al tratamiento del agua, pues significan entradas de dinero y un aprovechamiento de recursos que contribuye a la sustentabilidad (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013)

Vida útil de la PTAR en operación.

Este concepto responde a la interrogante sobre cuánto tiempo durará operando la planta de tratamiento de aguas. Generalmente hay dos partes en la vida útil de una planta de tratamiento de aguas: la de la infraestructura (obra civil, eléctrica, tuberías, tableros de control) y la de los equipos electromecánicos rotatorios y dispositivos electrónicos diversos, expuestos a un mayor desgaste por lo que poseen una vida útil menor.

Requerimientos de espacio físico

El área requerida para la construcción de una planta de tratamiento puede ser factor fundamental en la toma de decisiones. La poca disponibilidad de terreno o el alto costo del mismo pueden influir de manera decisiva en la factibilidad de ciertos procesos, tales como los sistemas lagunares o sistemas naturales construidos. En sentido inverso, un terreno barato, disponible y de buena calidad para realizar movimiento de tierra, favorecerá este tipo de procesos. En el caso de los sistemas extensivos, el tipo de terreno es importante, pues áreas con topografía irregular o bien rocosas, los desfavorece.

Diseño y construcción

Dentro de este apartado se deberán considerar aspectos técnicos que desarrollan los especialistas de las diferentes disciplinas de ingeniería, los cuales tendrán que considerar avances tecnológicos y vanguardia en los cálculos para el diseño.

Criterios de diseño.

En este concepto se agrupan las decisiones técnicas que toman los especialistas con base en modelos teóricos o empíricos para el diseño de la planta de tratamiento, lo cual tendrá que estar totalmente inter relacionado con los avances tecnológicos posibles, tomando en cuenta la experiencia del diseñador.

Experiencia del contratista.

Generalmente de la experiencia de los contratistas se mide con datos de proyectos similares en los que haya participado y realizado la misma tarea que está por iniciar, por lo que la mejor manera de demostrar experiencia por parte del contratista es la visita a alguna planta en operación que haya sido construida o diseñada por él, así como referencias directas de clientes.

Tecnología ampliamente probada.

Este concepto está ligado a la experiencia del contratista ya que se demostrará utilizando datos internacionales sobre sistemas de tratamiento de agua que estén operando, bajo esa tecnología propuesta.

Complejidad en la construcción y equipamiento.

Un tren de tratamiento complejo, con gran número de equipos y altamente instrumentado puede requerir mayor tiempo para su construcción, instalación y puesta en operación. Los materiales y equipos pueden ser de origen extranjero y se requerirá importación. (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013).

Operación.

Una tecnología eficiente proporciona además de que el proceso cumpla con lo estipulado en el diseño, un fácil manejo operativo en términos de requerimientos de personal y disponibilidad de repuestos para los equipos, esto con el fin de garantizar una confiabilidad en el proceso de tratamiento durante la operación de la planta.

Flexibilidad de la operación.

Un sistema de tratamiento que cuente con flexibilidad acepta variaciones hidráulicas y considera la posibilidad de retirar temporalmente de operación algún equipo o hasta una operación unitaria completa sin afectar significativamente el funcionamiento del sistema o la calidad y cantidad del agua tratada. Asimismo, un proceso flexible permite ser instalado en plantas ya operando, o bien permite la expansión futura de la planta con pocas modificaciones o adiciones. En este rubro se deberá considerar si el proceso es capaz de soportar variaciones en el caudal, en la carga y en el tipo de contaminantes (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013).

Complejidad de operación del proceso.

Es necesario establecer el grado de complejidad de los procesos en su operación bajo condiciones normales y adversas. De esta forma se puede establecer el perfil y número del personal requerido para la operación de la planta. Un sistema con demasiados equipos motrices requerirá de varios operarios y personal calificado para su control, así como requerimientos de mantenimiento mayores. Por otro lado, un sistema altamente instrumentado tendrá una inversión inicial importante y requerirá de menos personal, pero capacitado en mayor grado. Con procesos complejos puede ser necesaria la instalación de un laboratorio analítico bien equipado como parte de la infraestructura de operación de la planta de tratamiento (NOYOLA, MORGAN-SAGASTUME, & GÜERECA, 2013).

Requerimientos de personal.

Este aspecto está directamente relacionado a los costos de operación que se agrupan en el estimado general ya que, dependiendo del proceso, se requerirá un

mayor o menor número de personal para operar la planta, y en dado caso que el proceso cuente con operaciones unitarias donde intervengan equipos especiales y poco usados, se tendrá que contratar personal altamente calificado para operar dichos equipos.

Disponibilidad de repuestos y centros de servicio.

A todas las instalaciones de la PTAR se les debe de dar un mantenimiento, específicamente en los equipos de proceso es necesario realizarlo con periodicidad como prevención de fallas o en su caso realizar un mantenimiento correctivo, por lo que es muy importante contar con una fuente cercana y confiable de repuestos, así como de personal de mantenimiento en caso de fallas técnicas en los equipos.

Entorno e impacto al medio ambiente.

Este criterio engloba los efectos relacionados con la operación de la planta sobre el ambiente y viceversa. Incluye la influencia de la temperatura sobre el proceso, la producción de ruido, contaminación visual, producción de malos olores, generación de gases de efecto invernadero y la reproducción de insectos o animales potencialmente dañinos a la salud.

Producción de ruido.

El equipo ruidoso en plantas de tratamiento es una limitante fuerte para su aceptación, sobre todo en zonas donde existan casas habitación aledañas a la planta de tratamiento. Este aspecto debe también ser atendido con base en los requerimientos de salud y seguridad industrial.

Contaminación visual.

Se evalúa el diseño arquitectónico de la planta y su integración con la arquitectura de la región y del paisaje del sitio.

Producción de malos olores.

La dirección de los vientos dominantes puede restringir el uso de algunos procesos, especialmente los que generan olores y aerosoles. En estos casos deberá considerarse la incorporación en las especificaciones de equipo el control de olores y aerosoles, ya que, de no hacerlo, la manifestación de la población afectada puede hacer que las autoridades obliguen a suspender las actividades de la planta hasta la solución del problema. Los costos económicos y de imagen asociados a ello pueden ser considerables. Las barreras vegetales (árboles) son frecuentemente una medida adecuada que además mejora la imagen de la planta ante los vecinos.

Generación de gases de efecto invernadero.

De acuerdo a la selección de un proceso u otro, se podrán producir gases de efecto invernadero si no se realiza un correcto diseño para tratar o utilizar estos gases, esto se puede ver en el tratamiento por lodos activados, donde si bien el proceso

de las aguas residuales no genera gases de este tipo, el tratamiento de los lodos si los puede generar, por lo que se deberá poner particular atención en el aspecto de que la tecnología seleccionada mitigue o controle de alguna manera la generación de estos gases.

Condiciones para la reproducción de insectos y animales dañinos.

Se deben considerar las condiciones que presenta la tecnología para la reproducción de animales que pueden propiciar daños en los equipos, cableado e instalaciones de la planta, así mismo el contagio de enfermedades a los operadores de la planta, ejemplos de estos animales son serpientes, ratas e insectos como cucarachas, mosquitos y moscas por lo que se recomienda considerar una zona que no afecte a la fauna local.

Establecer el alcance.

De acuerdo a que el proyecto se encuentra en una etapa muy temprana de desarrollo es importante establecer un alcance preliminar que servirá como punto de partida para establecer los conceptos y requerimientos necesarios del proyecto, una vez que este alcance preliminar reúna todos los elementos necesarios, podrá evolucionar y convertirse en el alcance definitivo.

El alcance preliminar se ajustará a los siguientes aspectos.

- Desarrollar el diseño de una PTAR, de acuerdo a los requerimientos por parte del cliente o patrocinador, siguiendo la normatividad vigente y aplicable.
- Realizar el planteamiento, ejecución y control de todos los entregables que serán desarrollados por las diferentes especialidades de ingeniería.
- Implementar las técnicas y herramientas más adecuadas para la ejecución del proyecto.
- Realizar el diseño de la PTAR con miras a llevar a cabo un proceso óptimo de procura y construcción.

Definición del alcance a partir de la evaluación PDRI.

Una de las mejores herramientas al desarrollar y definir el alcance de un proyecto es el "Project Definition Rating Index" (PDRI). Este índice ha sido desarrollado por el Instituto de la Industria de la Construcción de Estados Unidos, para identificar y describir con precisión cada elemento crítico del alcance y permite al equipo de proyectos predecir rápidamente los factores de riesgo que impactan significativamente al proyecto.

El PDRI puede beneficiar tanto a propietarios y empresas contratistas.

- Propietario y las empresas pueden utilizarlo como una herramienta de evaluación para establecer un nivel y estar dispuestos a autorizar los proyectos.

- Los contratistas pueden utilizarlo como un método de identificación de proyectos bien definidos.
- El PDRI proporciona un medio para todos los participantes en el proyecto de comunicación y conciliar las diferencias con una herramienta objetiva de una base común para el proyecto alcance de la evaluación.

El PDRI que consta de tres secciones principales, cada uno de ellos está dividido en una serie de categorías que, a su vez, se desglosan en elementos.

La puntuación se realiza mediante la evaluación y la determinación de niveles por elementos individuales.

Evaluación de riesgos.

Para la etapa de diseño de la PTAR, el análisis de riesgos puede seguir una estrategia del tipo C-R-E, (Causa, Riesgo, Efecto), donde un grupo especial que se designa, identifica los posibles riesgos que podrían presentarse de acuerdo al alcance, avance y definición que se tiene del proyecto en la etapa de diseño.

Este proceso comienza con las siguientes actividades:

- Designación del grupo de administración de riesgos y sus responsabilidades.
- Informar al equipo con el alcance y avance del proyecto en cuestión, para el análisis
- de riesgo.
- Seleccionar las herramientas de análisis a utilizar.
- Presentar información histórica y lecciones aprendidas con que cuente la empresa.

Para realizar la correcta evaluación de riesgos se recomienda seguir la metodología propuesta (Ver: "**Plan de gestión de riesgos**")

Desarrollo del estimado de costos clase V.

La presente guía propone realizar dos estimados de costo en la etapa de visualización, el estimado de costos clase V o también llamado por orden de magnitud por lo que se recomienda que sea realizado previo al desarrollo de la ingeniería conceptual, esto con el objetivo de presentar un presupuesto para el proyecto, donde se identifique el valor monetario que representa la realización del proyecto de construcción y dar pie a la realización de las estrategias de negocio, estudios de mercado, de localización y las investigaciones necesarias.

Dentro de los aspectos a considerar en el desarrollo del estimado de costos clase V, están una idea preliminar del alcance del proyecto, la capacidad de la planta, la ubicación de las instalaciones, la tecnología seleccionada y las fechas de inicio.

El estimado de costos clase V se apoya de datos bibliográficos donde se consultan índices, factores y porcentajes que se pueden aplicar para estimar los costos, todo esto a partir del precio total estimado de los equipos que conforman la PTAR.

Componentes de estimado de costo.

Costos directos

Equipos

Como ya se mencionó los equipos en esta clase de estimado tienen la mayor relevancia debido a que todos los demás costos se calcularán a partir del precio total de estos.

Para proporcionar un precio se recomienda consultar bases de datos de proyectos similares donde exista una base de datos de costos de referencia de los equipos que se consideran para el proyecto. Dependiendo de la información con que se cuenta se pueden emplear los siguientes métodos:

Método de capacidad unitaria: El cual consiste en multiplicar la capacidad anual de la planta por un costo unitario, donde un costo unitario típico es aquel que se expresa como costo de la planta instalada por cantidad (ej. Toneladas) anual de producción; el valor del costo unitario depende del proceso y se obtiene de datos históricos o bases de datos referenciales.

El método exponencial (De los seis décimos): Este método se utiliza para estimar el costo de una planta o de un equipo específico, cuando se dispone de datos de costo similares, pero de diferente capacidad, se investiga en la literatura especializada y/o información histórica interna disponible, los costos de referencia, así como los factores de escalación (de capacidad y precio).

Asu vez se deberá considerar un costo para el rubro de partes de repuesto de los equipos, comúnmente para esta clase de estimado se toma un porcentaje del 5% del costo total de los equipos, este porcentaje se obtuvo con base en los datos históricos de proyectos de construcción de PTAR's.

Fletes y gastos de aduana.

El traslado de los equipos y materiales de construcción tendrá que ser considerado a partir de porcentajes o cotizaciones requeridos en PTAR's similares. El porcentaje se calcula a partir de datos históricos tomando como referencia el costo de los equipos, materiales y mano de obra de instalación.

Tomando como referencias experiencias de especialistas en estos proyectos se recomienda tomar como referencia para el cálculo un porcentaje del 6.5% del costo de los equipos si el flete proviene de la frontera con EUA o 9% de cualquier otra parte del mundo.

Seguros.

Una parte importante en el que se tendrá que utilizar cierto porcentaje del costo, es en los seguros para los equipos ya que muchas veces pueden suceder imprevistos que dañen o afecten el funcionamiento del equipo antes de que este llegue a la planta para ser instalado, más allá de la búsqueda de un responsable, se contempla lo mejor para el proyecto, por lo que previamente se tendrá que contratar un seguro para estos equipos, con referencia en datos históricos de proyectos de construcción de PTAR's se puede considerar un porcentaje del 1% del costo total de los equipos, para calcular el monto de este concepto.

Ingeniería.

En esta clase del estimado se recomienda considerar un 10% del costo total de los equipos, el cual está basado en datos estadísticos de proyectos desarrollados con anterioridad. Este 10% se recomienda que se divida de la siguiente manera 0.2 % para ingeniería conceptual, 2.8% para ingeniería básica y básica extendida, finalmente el 7% restante para ingeniería de detalle.

Maquinaria de construcción.

Este concepto está directamente relacionado al costo de los equipos por lo que se recomienda utilizar un porcentaje del 20% basado en estadísticos de procesos similares.

Pruebas y puestas en operación.

Todos los costos asignados a este concepto representan los trabajos que se tienen que hacer para las pruebas que se tienen que hacer durante la puesta en marcha de la planta, para asegurar que los equipos dinámicos no presenten alguna falla y estén listos para entrar en operación, se recomienda que se utilice un porcentaje del 4% del costo total de los equipos, para determinar este monto.

**Sobrecosto
Costos indirectos**

El monto por costos indirectos se puede considerar como los costos que no afectan directamente a la construcción de la PTAR, pero que necesariamente habrá que cubrir para poder construirla.

Se pueden identificar como costos indirectos, sueldos, gastos por honorarios, prestaciones para el personal del proyecto, rentas de edificios para las oficinas (centrales y en campo), talleres, almacenes, renta de vehículos para transporte, mobiliario para las oficinas, telecomunicaciones, pago de primas de seguro y fianzas solicitadas la contratista, trabajos de infraestructura para instalaciones, provisionales y auxiliares y servicios de suministro de electricidad, agua, gas, telefonía e internet.

El porcentaje según datos de proyectos similares para este monto se recomienda que sea de un 25% del costo directo total del proyecto.

Financiamiento.

El monto por financiamiento deberá estar representado por un porcentaje de la suma de los costos directos e indirectos y corresponderá a los gastos derivados por la inversión de recursos propios o contratados que realice el contratista para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos calendarizados y valorizados por periodos (PEMEX, 2015).

Utilidad.

Cada compañía determina que porcentaje pretende obtener al final del proyecto, este porcentaje es de la suma de los costos directos más los indirectos del proyecto y corresponderá a los gastos derivados por la inversión de recursos propios o contratados que realice el contratista para dar cumplimiento al programa de ejecución de los trabajos calendarizados y valorizados por periodos.

Monto por contingencias.

El monto por contingencias está asociado al nivel de incertidumbre con el que se cuenta en esta fase del proyecto por lo que será alto, este monto irá disminuyendo a medida que se cuente con un mayor nivel de definición para el proyecto, esto debido a que este monto contempla imprevistos y cambios por nivel de definición en la cuantificación de equipos y materiales, que difícilmente se puedan prever, para determinar este monto se debe basar en el análisis de riesgo del estimado de costos del proyecto, a su vez pueden utilizarse datos históricos para proyectos similares.

Esta guía propone utilizar el método probabilístico de Montecarlo ya permite evaluar escenarios posibles de contingencias posibles y arroja como resultado un valor muy cercano al real.

Escalación.

Por la característica de los proyectos que nos dicen que son temporales tendremos que tomar en cuenta el valor del dinero en el tiempo ya que aun cuando se haga un estimado preciso si no se consideran los índices de inflación y pronósticos económicos, se puede producir una desviación importante con respecto al precio del proyecto, lo que implica un impacto negativo para la compañía ejecutante.

El costo de escalación se calcula a través de un Programa Financiero Calendarizado del monto estimado, el cual proviene del flujo de efectivo o de una distribución normal con base en el programa del proyecto, aplicando índices inflacionarios de acuerdo a pronósticos especializados.

Caso de Negocio.

Como ya se mencionó un proyecto inicia con una idea que parte de una necesidad o problema y se toma como una oportunidad de negocio por lo que se recomienda una vez identificado el problema o necesidad realizar un “Caso de negocio”.

El caso de negocio dará una perspectiva comercial de lo que se puede lograr con la ejecución del proyecto a partir de la demanda del mercado, necesidad de una organización, solicitud de un cliente, necesidad social, entre otras.

Un caso de negocio es una tarea que deberá ser desarrollada con extrema precaución ya que derivado de esta actividad se realizarán todos los trabajos del proyecto, para facilitar la ejecución existen herramientas técnicas que facilitan su desarrollo:

- Reuniones internas con directivos y especialistas de la compañía que pretende realizar el proyecto.
- Entrevistas con los clientes.
- Lluvia de ideas por parte de los integrantes de las reuniones internas.
- Análisis de la demanda.
- Análisis de los clientes.
- Análisis del mercado.
- Análisis FODA (Fortalezas Oportunidades, Debilidades, Amenazas).
- Estudios de impacto previos (Económicos, Ambientales, Geográficos, Sociales, entre otros).
- Análisis de requisitos legales y normativos.

Una vez que se tenga la suficiente información para examinar los beneficios y riesgos comerciales involucrados en la decisión de llevar a cabo el proyecto (un atractivo retorno de la inversión (ROI)), la idea de proyecto se verá conceptualizada en un alcance general del proyecto.

El alcance general del proyecto dará pie al planteamiento de documentos previos al inicio del proyecto, también será de gran utilidad para tener una visión más clara del objetivo inicial a lo largo de todo el proyecto.

Desarrollo del caso de negocio.

Como parte de la metodología se propone desarrollar el caso de negocio dentro de 5 pasos que contengan todo el análisis involucrado que permita obtener un documento capaz de sentar las bases para la toma de decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.

1. Desarrollo de una hoja resumen que contenga el resultado de la evaluación preliminar del proyecto.
2. Análisis de las alternativas en el proyecto.

3. Análisis del entorno.
4. Análisis preliminar de riesgos.
5. Evaluación Económica- Financiera.

Hoja resumen.

El caso de negocio se plantea con la información estipulada por el cliente y el contratista, la presente guía recomienda que se contemple toda aquella información recopilada hasta el concepto del estimado de costos clase V por lo que la hoja resumen deberá conjuntarse y presentarse a manera de "Check List"

- Descripción del proyecto.
- Estudio de mercado.
- Identificación de oportunidades de negocio o beneficio para la compañía.
- Identificación de los antecedentes de la problemática.
- Evaluación y selección del sitio.
- Evaluación y selección de la tecnología.
- Establecer el alcance en la etapa de visualización.
- Evaluación de riesgos.
- Desarrollo del estimado de costos clase V.

Análisis de las alternativas seleccionadas.

Una vez teniendo los resultados tanto de la evaluación de sitio como la evaluación tecnológica se procederá a presentar dicha información estructurada y compactada.

Análisis del entorno.

En este punto se deberá presentar los resultados arrojados por el estudio de mercado de una manera en la que se facilite la identificación de los conceptos más relentes, la información recomendada a presentar es la siguiente:

- Análisis de la demanda actual.
- Análisis de la oferta actual.
- Interacción de oferta-demanda.
- Análisis de la competencia.
- Análisis FODA.

Análisis de Riesgos.

Los riesgos siempre existirán en cualquier proyecto por lo que el análisis de riesgos deberá estar presente en el caso de negocio debido a que la probabilidad de ocurrencia de algún suceso impactará directamente al costo del proyecto por lo que es de suma importancia presentar la información pertinente para que los interesados conozcan las implicaciones de realizar un proyecto de esta naturaleza.

Análisis Económico- Financiero.

Los conceptos que se mencionaron con anterioridad complementaran la información de la capacidad de la PTAR, el análisis del precio, y el monto de inversión. Con la finalidad de calcular los elementos de rentabilidad del proyecto, como lo son la tasa interna de retorno (TIR), el valor presente neto social (VPNS) y el periodo de recuperación de la inversión.

A continuación, se muestra el modelo de cálculo de estos factores de rentabilidad, que se tendrá que realizar a partir del flujo de efectivo después de impuestos.

Valor presente neto social (VPNS)

El VPNS consiste en llevar al presente todos y cada uno de los beneficios netos a ocurrir o estimados en la vida útil u horizonte de evaluación del proyecto (beneficios netos futuros), con el fin de conocer el efecto neto del proyecto en el momento de la toma de decisión. La fórmula para calcular este indicador es:

$$VPNS = -I_0 \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial.

F= Flujo de efectivo en el año t

r = tasa de descuento.

La TIR es un indicador de rentabilidad, que hace que el valor del VPN sea igual a cero; además, representa una medida porcentual relacionada con los beneficios que el inversionista puede esperar del proyecto.

$$0 = -I_0 \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial.

F= Flujo de efectivo en el año t

r = tasa de descuento.

El periodo de recuperación de la inversión es el momento en el que los inversionistas recuperan el monto que invirtieron al inicio del proyecto, cabe señalar que este método de evaluación de proyectos no es muy preciso debido a que solo se basa en estimaciones y proyecciones a futuro y no considera el valor del dinero en el tiempo por lo que no se recomienda realizar una evaluación con este método.

Evaluación de los indicadores de rentabilidad.

Se establece la TIR como el indicador del desempeño financiero de los proyectos.

La SHCP ha establecido que para el análisis de viabilidad de proyectos de infraestructura la $TIR > 12\%$

Mientras el FONADIN determina que la $TIR > 22\%$ para asegurar la rentabilidad y la operación.

Definir los contratos necesarios.

En este punto se deberá contar conciliar el cómo la organización encargada del proyecto se reforzará o contará con trabajos realizados por entes externos lo que dará pie a contratar servicios para la realización de la etapa de visualización, los cuales pueden ser:

- Prestación de servicios profesionales (Especialistas).
- Servicios de tecnólogos.
- Servicios de consultoría externa.
- Subcontratación de compañías de ingeniería.

Una vez que se tiene definido que y cuales contratos serán necesarios se pretende que dentro de la metodología se contemple una “estrategia de supervisión de contrataciones” las cuales tendrán que considerar las necesidades de la compañía, así como una evaluación de opciones para elegir la más conveniente para la necesidad.

Reunión de inicio del proyecto de ingeniería con los gerentes de las especialidades que intervienen en la fase de visualización.

Esta actividad está relacionada con la alineación del equipo, pero es importante que se realice, debido a que es un proyecto donde se tendrá una interacción directa entre los gerentes de ingeniería, es por ello que se recomienda realizar una reunión justo el día de inicio de los trabajos para comenzar a construir lazos de confianza, así como la aportación de ideas para que los objetivos del proyecto puedan cumplirse con base en los requerimientos del cliente.

En esta reunión se recomienda que se aborden los siguientes temas:

- Lecciones aprendidas de proyectos anteriores que pudieran beneficiar al proyecto actual.
- Aceptación de los canales de comunicación proporcionados por la compañía.
- Acuerdos formales de la confidencialidad de la información.
- Reafirmar los objetivos en términos de tiempo, costo, alcance y calidad del proyecto.
- Recapitular el plan para el proyecto.

Desarrollo de la ingeniería conceptual.

A partir de que se genera una idea, es necesario conceptualizarla y transcribirla a documentos tangibles los cuales forman parte del paquete entregable de ingeniería conceptual, cada compañía de ingeniería genera su propia propuesta para satisfacer los siguientes puntos:

- Requerimientos del cliente
- Capacidad del complejo industrial.
- Previsión para futuras ampliaciones del complejo industrial.
- Diagrama de bloques o esquema de proceso preliminar.
- Balance de materia global.
- Arreglo general de los equipos en el área delimitada.
- Estudios de viabilidad económica, ambiental y a nivel de riesgos.

En esta etapa se establece la definición de varios sistemas, así como especificaciones conceptuales, se hacen las consideraciones de: sobrediseño, futuras expansiones o cambio en el proceso.

Desarrollo del estimado de costos clase IV.

Este tipo de estimado se utiliza para la planeación estratégica, y la confirmación de la factibilidad técnico-económica, una vez que se ha realizado la ingeniería conceptual del proyecto, a su vez cuenta con una desviación de (+35%-20%).

La presente guía recomienda seguir los siguientes pasos para la obtención de los costos directos:

1. Realizar una simulación del proceso para obtener un pre-dimensionamiento de los equipos.
2. Exportar a simulación de proceso al software de *Aspen Process Economic Analyzer (APEA)*. Donde se validarán las dimensiones de los equipos de acuerdo a las bases de datos del programa.
3. Exportar a simulación de proceso al software de *Aspen Capital Cost* y concluir el estimado.

Control y seguimiento del alcance de la etapa de visualización.

Todo administrador de proyectos necesita tener en todo momento el control del proyecto por lo que debe contar con una estrategia para el monitoreo del proyecto.

“En todos los proyectos lo que nunca cambia son los cambios”

Bajo esta premisa se deberá considerar que lo que hace que un proyecto se salga de control son los cambios que este sufre, sumado a la ineficiencia técnica del administrador de proyectos, muchas veces por su desconocimiento. A continuación,

se presenta una serie de recomendaciones que ayudaran a no perder el control sobre el proyecto.

Realizar el control integrado de cambios.

La técnica utilizada será el juicio de expertos, que implica la participación no solo del administrador del proyecto sino también de aquellos de aquellos interesados que poseen el carácter y la posición para emitir criterio en la toma de decisiones.

El objetivo de este proceso es cumplir con los objetivos establecidos, y se lleva a cabo desde el inicio del proyecto hasta su cierre o terminación. Para realizar el control de cambios se recomienda realizar las siguientes actividades:

- Evaluar el impacto de la modificaciones o cambios en el diseño de la PTAR.
- Crear y analizar diferentes alternativas.
- Reunirse con los interesados y/o patrocinadores para la aprobación o rechazo de la solicitud de cambio.
- Ajustar la línea base y el plan del proyecto una vez que se hayan aprobado los cambios.

Para tomar las decisiones se nombrará un comité de control de cambios el cual se recomienda que se reúna los lunes de cada semana con el fin de analizar los cambios a que haya lugar, cada uno de los integrantes del comité de control de cambios tendrá un rol específico en la gestión de los mismos de la siguiente manera:

Tabla 19 Comité de control de cambios Fuente: *Elaboración Propia.*

ROL	RESPONSABILIDAD	NIVEL DE AUTORIDAD
Autoridad municipal	Debe autorizar mediante el visto bueno la aprobación de los cambios en el diseño solicitados	Total
Comité de control de cambios	Define cuales cambios son aprobados o rechazados	Autorizar, rechazar o ajustar las solicitudes de cambio.
Administrador del proyecto	Da un criterio profesional sobre el impacto de los cambios en el diseño y dar una recomendación al comité	Gestionar las solicitudes de cambio bajo un criterio de justificación de cambios en el diseño.
Gerentes de especialidad	Toma las sugerencias y recomendaciones de cambio de los ingenieros especialistas y bajo su criterio formaliza o no las solicitudes	Emitir las solicitudes de cambio
Ingenieros especialistas	Realizan solicitudes cambio para el diseño en beneficio de cumplir con los objetivos planteados	Solicitar los cambios.

Como se puede observar en la **Tabla no. 19** la tarea del administrador del proyecto es analizar las solicitudes de cambio en el diseño de la PTAR y deberá visualizar el impacto que estos cambios puedan tener en los cuatro objetivos principales (tiempo,

costo, alcance, calidad), estos cambios en el proceso a su vez podrían afectar algunas regulaciones legales como seguridad ambiental o normas de calidad. Si se diera el caso en el que la solicitud del cambio tiene un impacto negativo en el modelo de negocio o pretende incumplir con las normas o leyes, deberá ser rechazado inmediatamente informando la razón del rechazo.

Al final de este proceso se tendrá que documentar en un compendio llamado “Registro de Cambios”, el historial de los cambios que fueron aprobados y rechazados con su debida justificación, así como el nombre y el puesto del responsable de la implementación del cambio en el proyecto (**ver anexo 6**)

Etapas de Conceptualización.

Esta etapa consiste en realizar la mayor cantidad de entregables vía ingeniería básica e ingeniería básica extendida con el fin de proporcionar soporte técnico que garanticen la viabilidad del proyecto, para un mejor manejo de la información y una estructura que permita aplicar las mejores prácticas de administración de proyectos se recomienda que la etapa de conceptualización se divida en dos sub etapas (FEL IIA y FEL IIB).

Durante esta etapa se recomienda que se lleven a cabo las siguientes actividades:

FEL IIA

- Estudios preliminares.
- Bases de diseño de ingeniería básica.
- Ingeniería básica
- Evaluación PDRI.
- Declaración del alcance definitivo
- Estimado de costo clase III

FEL IIB

- Bases de diseño de la ingeniería básica extendida.
- Ingeniería básica extendida
- Actualización del caso de negocio.
- Evaluación PDRI.
- Acreditación de la fase de conceptualización.

Una vez conocido tanto el proceso como el sitio donde se realizará el proyecto de la PTAR, es necesario que se realicen estudios que sirvan de base de para la etapa constructiva y reduzcan la probabilidad de contar con imprevistos que afecten de manera directa al proyecto.

Estudios preliminares.

Los estudios que se recomienda realizar son:

- HAZOP
- EIA – Estudio de Impacto Ambiental
- SIL (Safety Integrity Level)
- Análisis Cuantitativo de Riesgos
- Estudio de Suelos
- Relevamiento Topográfico
- Estudios hidrológicos

Bases de diseño de ingeniería básica y básica extendida.

Las bases de diseño son el documento a través del cual se da la información que requiere el responsable del diseño y se establecen los requisitos y criterios técnicos, y la normatividad técnica aplicable. Estas bases, normalmente se generan a partir de un cuestionario y se establecen de común acuerdo entre el cliente y el licenciador, tecnólogo o firma de ingeniería seleccionados. (referencia al sidpv5)

El documento Bases de Diseño se estructura y organiza por especialidad de ingeniería, y se presenta en dos momentos de la Etapa FEL II: Antes de la contratación del paquete de ingeniería básica (Bases de Diseño para IB) y al término de la etapa (Bases de Diseño para IBE). (referencia al sidpv5)

Como parte de las Bases de Diseño se deberán incluir los siguientes conceptos, como capítulos independientes:

Filosofía de confiabilidad

Se presentará como una lista de principios generales de diseño a ser considerados para lograr un comportamiento confiable en la operación de la unidad. Se sugiere desarrollar específicamente los siguientes temas:

- Descripción genérica de principios de confiabilidad.
- Criterios para equipo de relevo.
- Criterios de redundancias de sistemas de seguridad y de control del proceso.
- Definición de filosofías de alarmas.
- Criterios de integridad de componentes mecánicos y estructurales (metalurgia, sellos, tipos de acoplamiento, selección de rodamientos).
- Identificación de equipos críticos y medidas a tomar para evitar daños en casos de vandalismo, accidentes o desastres naturales.
- Definición de criterios de almacenamiento de cargas, productos intermedios o productos finales para permitir el paro parcial independiente de secciones del proceso.
- Factor de servicio (disponibilidad de las instalaciones al operar, p.ej. 92%, 95%, medida como horas de operación anuales sin falla entre horas de

operación disponibles en el año, o días continuos de operación antes de mantenimiento).

Filosofía de mantenimiento

Se presentará como una lista de principios generales de diseño a ser considerados para lograr la conservación de las instalaciones en un estado satisfactorio. Se sugiere desarrollar específicamente los siguientes temas:

- Descripción genérica de la filosofía de mantenimiento.
- Definición de frecuencias y duraciones de paros programados de equipos, secciones del proceso, o de la planta para mantenimiento.
- Requerimientos particulares de mantenimiento de equipos críticos a ser considerados en el diseño para lograr los períodos esperados de operación de la unidad.
- Descripción de infraestructura requerida para mantenimiento, como grúas, monorraíles y su ubicación; descripción de espacios requeridos para acceso de personal y/o maquinaria para maniobras de mantenimiento. Requerimientos de peso y tamaño para equipos de mantenimiento.
- Criterios para refaccionamiento general y para equipos críticos.
- Consideraciones de equipos de medición y control como detectores de vibración, temperatura, presión, probetas corrosimétricas, dosificación de inhibidor, protección catódica, etc.
- Requerimientos particulares para maniobras de mantenimiento de equipos mecánicos (bombas, compresores, cambiadores de calor, etc.), describiendo el tipo de equipo: grúa viajera o polipasto, tipo de accionamiento: eléctrico, neumático, manual o mixto.
- Limitaciones de espacio y/o de peso y/o de tamaño para equipos de mantenimiento.
- Impacto en el mantenimiento por proyectos de revamps.
- Compatibilidad de la filosofía de mantenimiento de nuevos sistemas y equipos con la filosofía de mantenimiento de instalaciones existentes.

Ingeniería básica.

Es la etapa donde se desarrolla la mayor cantidad de documentos relacionados al proyecto, durante el desarrollo de la ingeniería básica se realizan entregables técnicos relacionados con el proceso y tecnología seleccionados.

El diseño del complejo industrial parte de los entregables previos realizados en la ingeniería conceptual y a la tecnología seleccionada para el proceso, en esta etapa de ingeniería se pretende dar información principalmente del proceso como el balance de materia y energía, propiedades de cada corriente, y un

dimensionamiento de equipos. Se debe resaltar que dependiendo del proyecto esta información puede o no ser más relevante que la generada por las otras disciplinas.

Una vez que se tiene el libro de ingeniería básica se podrá comenzar también a realizar trabajos de evaluación de logística de los equipos críticos del proceso (existencia y tiempos de entrega).

A continuación, se muestra una lista de posibles entregables de ingeniería básica para una PTAR:

Entregables de Ingeniería de Proceso

- Descripción del proceso.
- Bases de diseño.
- Criterios de diseño.
- Balance de materia y energía.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Diagrama de flujo de proceso de servicios auxiliares.
- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Diagrama de tubería e instrumentación de proceso.
- Dibujo general de arreglo general de reactores.
- Dibujos de diseño mecánico para adquisición de equipos críticos y reactores.
- Dibujos de diseño mecánico de equipos propietarios.
- Diagramas de líneas de arranque y paro.
- Diagrama de red contra incendios.
- Diagrama de áreas potenciales de incendio.
- Plano de localización de extintores.
- Plano de sistemas de aspersion.
- Diagrama de tubería e instrumentación del sistema contra incendios.
- Lista de líneas de proceso.
- Lista de equipo.
- Lista de equipo crítico, propietario y de fabricantes para presentar las garantías de licenciadores.
- Lista de elementos contra incendio.
- Memorias de cálculo de equipos de proceso.
- Memoria de cálculo de detectores de humo.
- Memoria de cálculo del sistema de protección contra incendios.
- Hojas de datos de equipos de proceso.
- Hojas de datos de seguridad de sustancias químicas.
- Especificación de agentes químicos y/o biológicos.
- Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.

- Especificación de equipos del paquete de proceso.
- Especificaciones técnicas de equipo de proceso.
- Filosofía básica de operación.
- Filosofía de detección de gas y fuego.
- Filosofía básica de seguridad industrial y protección ambiental.
- Manual de procedimientos de control analítico, incluyendo requerimientos e insumos de laboratorio.
- Tablas de causa y efecto.
- Bases de diseño de ingeniería de seguridad industrial y protección ambiental.
- Consideraciones de seguridad y requerimientos especiales.
- Sistema de mitigación por fugas de cloro para la zona de desinfección.
- Requerimientos de servicios auxiliares.
- Requerimientos de agentes químicos y/o biológicos.
- Sumario y descripción de los efluentes y emisiones, incluyendo procedimientos de disposición.

Entregables de Ingeniería Civil

- Bases de diseño de ingeniería civil.
- Plano(s) de topografía (Relieve).
- Plano de movimiento de suelos (mecánica de suelos).
- Plano de excavación.
- Plano de cimentación de reactores.
- Plano de cimentación de cajas de distribución
- Plano de cimentación de cajas de sedimentadores.
- Plano de cimentación de cajas de cárcamos
- Plano de cimentación de cajas de espesadores.
- Plano de cimentación de cajas de lagunas de aireación.
- Plano(s) de topografía (Relieve).
- Plano de movimiento de suelos (mecánica de suelos).
- Plano de excavación.
- Planos de cimentación (edificios y alumbrado).
- Planos de caminos y carreteras de acceso (si hicieran falta).
- Planos de instalaciones (sanitarias, hidráulicas, eléctricas y servicios).
- Planos de estructuras y edificios complementarios.
- Plano de pavimentación (si hiciera falta).
- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Memoria de cálculo de mecánica de suelos.
- Memoria de cálculo de cimentación (edificios, equipos y alumbrado).

- Memoria de cálculo de caminos y carreteras de acceso (si hiciera falta).
- Memoria de cálculo de instalaciones (sanitarias, hidráulicas, eléctricas y servicios).
- Memoria de cálculo de estructuras y edificios complementarios.
- Memoria de cálculo de pavimentación (si hiciera falta).
- Hoja de datos de reactores.
- Hoja de datos de cajas de distribución
- Hoja de datos de cajas de sedimentadores.
- Hoja de datos de cajas de cárcamos
- Hoja de datos de cajas de espesadores.
- Hoja de datos de cajas de lagunas de aireación.
- Lista preliminar de materiales de construcción.

Entregables de Ingeniería Mecánica

- Bases de diseño de ingeniería mecánica.
- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Dibujos de arreglo general de recipientes.
- Dibujos de detalles de equipo mecánico (estáticos y rotantes).
- Hojas de datos de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Memoria de cálculo de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Memoria de cálculo de calentadores a fuego directo.
- Memoria de cálculo de cambiadores de calor.
- Memorias de cálculo de recipientes.
- Memorias de cálculo de filtros.
- Hojas de datos de recipientes
- Hojas de datos de filtros.
- Hoja de datos de cambiadores de calor.
- Hoja de datos de calentadores a fuego directo.
- Especificaciones técnicas de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Lista de materiales.
- Lista de accesorios mecánicos.

Entregables de Ingeniería Eléctrica.

- Bases de diseño del sistema eléctrico.
- Plano de rutas.
- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Memoria de cálculo de rutas.
- Memoria de cálculo de alumbrado.

- Memoria de cálculo de estudio de corto circuito.
- Memoria de cálculo de protecciones a equipos.
- Memoria de cálculo de transformadores.
- Memoria de cálculo de motores.
- Memoria de cálculo de centro de control de motores.
- Memoria de cálculo de fuerza y control.
- Memoria de cálculo de resistencia de puesta a tierra.
- Memoria de cálculo de tableros de distribución.
- Lista de equipo eléctrico principal.
- Lista de cedula de cables y conduit.
- Lista de luminarias.
- Lista de transformadores.
- Lista de motores.
- Lista de cargas eléctricas.
- Lista de tableros.
- Lista de simbología y notas generales
- Hoja de datos de transformadores.
- Hoja de datos de tableros de distribución.
- Hoja de datos de centro de control de motores.
- Hoja de datos de sistema de fuerza.
- Hoja de datos de resistencia a puesta a tierra.

Entregables de Ingeniería de Tuberías e Instrumentación.

- Bases de diseño de instrumentación y control.
- Filosofía de control.
- Índice de instrumentos.
- Hojas de datos de instrumentos (De campo, en línea, etc.).
- Hojas de datos de válvulas de control.
- Hojas de datos de analizadores.
- Especificación del sistema de control distribuido SCD.
- Especificación técnica del sistema de paro por emergencia.
- Especificación técnica del sistema de gas y fuego (SG y F).
- Sumario de alarmas paros y arranques.
- Circuitos lógicos de control críticos.
- Hojas de datos de disposición de relevo.
- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Diagrama lógico de control.
- Diagrama de control o escalera.

- Diagrama de lazos e interconexiones.
- Plano de localización de instrumentos.
- Plano general de localización de rutas y señales.
- Plano de localización de soportes para instrumentos.
- Memoria de cálculo de sistema de control distribuido.
- Memoria de cálculo de sistema de paro de emergencia.
- Memoria de cálculo de indicadores de temperatura.
- Memoria de cálculo de transmisores de temperatura.
- Memoria de cálculo de controladores de temperatura.
- Memoria de cálculo de indicadores de presión.
- Memoria de cálculo de transmisores de presión.
- Memoria de cálculo de controladores de presión.
- Memoria de cálculo de indicadores de flujo.
- Memoria de cálculo de transmisores de flujo.
- Memoria de cálculo de controladores de flujo.
- Memoria de cálculo de estaciones de medición.
- Memoria de cálculo de válvulas (de diferente tipo).
- Memoria de cálculo de instrumentos de medición química.
- Hoja de datos de sistema de control distribuido.
- Hoja de datos de sistema de paro de emergencia.
- Hoja de datos de indicadores de temperatura.
- Hoja de datos de transmisores de temperatura.
- Hoja de datos de controladores de temperatura.
- Hoja de datos de indicadores de presión.
- Hoja de datos transmisores de presión.
- Hoja de datos de controladores de presión.
- Hoja de datos de indicadores de flujo.
- Hoja de datos de transmisores de flujo.
- Hoja de datos de controladores de flujo.
- Hoja de datos de estaciones de medición.
- Hoja de datos de válvulas (de diferente tipo).
- Hoja de datos de instrumentos de medición química.
- Lista de instrumentos.
- Lista de válvulas.
- Lista de controladores.
- Lista de medidores químicos.
- Especificaciones técnicas preliminares de instrumentos.
- Bases de diseño de ingeniería de tuberías y análisis de esfuerzos.

- Arreglo general de equipo.
- Arreglo general de tuberías (Mosaico).
- Diagramas isométricos.
- Memoria de cálculo de líneas de tubería.
- Memoria de cálculo de interconexiones de tubería.
- Hoja de datos de líneas de tubería.
- Hoja de datos de interconexiones de tubería.
- Lista de líneas de tubería.
- Lista de interconexiones de tubería.
- Especificaciones técnicas preliminares de tubería.
- Especificaciones de aislamientos térmicos para tuberías y equipos.
- Especificaciones de recubrimientos anticorrosivos y pinturas para tuberías y equipos.

Declaración del alcance definitivo.

Idealmente en este punto del proyecto ya se tiene una idea clara de lo que se pretende lograr con el desarrollo de la ingeniería por lo que en esta fase se tendrá que presentar el alcance definitivo donde se detallen aspectos técnicos definitivos como lo son capacidad de la planta, presupuesto de inversión o tiempo de ejecución del proyecto.

Cabe señalar que a partir de este punto el alcance no debe de ser modificado debido a que podría representar un retrabajo para una o varias disciplinas, con base en que la ingeniería básica ya se realizó y cambiar algún dato técnico se traduciría en rehacer varios entregables, no obstante, si estos entregables están interconectados generaría problemas para las diferentes especialidades de ingeniería.

El alcance podrá ser modificado si y solo si, representa un incremento en la probabilidad de cumplir con los objetivos del proyecto.

Estimado de costos clase III.

Cada compañía decide la metodología para realizar la estimación de costos, en la presente guía se mostrará al lector una metodología, asistida por el software ASPEN Capital Cost Estimator, así como del software Cristall BALL, ya que esta metodología es reconocida y utilizada a nivel mundial por las más grandes compañías constructoras de complejos industriales; en el sector público de México esta metodología es utilizada por los especialistas del departamento de costos de PEMEX, así como del IMP.

Esta metodología emplea información general proveniente del desarrollo de la ingeniería conceptual, así como de parte de las características del proceso y/o de las especificaciones de los equipos (Hojas de datos), obtenida en la Ingeniería

Básica, así como de información complementaria de las disciplinas de ingeniería civil y eléctrica.

Como resultado de la alimentación de los datos técnicos al software especializado en estimación de costos, se obtiene el desglose de los costos correspondientes en tubería, obra civil, estructuras, instrumentación, obra eléctrica, aislamiento y pintura, los que provienen de un archivo de precios unitarios que es actualizado periódicamente por la compañía que desarrolló el software.

Debido a que existen equipos especiales en el tratamiento de aguas residuales, en ocasiones la base de datos de precios del software se ve limitada por lo que se recomienda solicitar cotizaciones para esos equipos.

Componentes de estimado de costo.

Costos directos

Información proporcionada por ACCE.

Una vez que alimentemos al software con los datos técnicos de la ingeniería básica, este nos arroja información principalmente del costo directo de los equipos, así como de un costo de volumetría calculada para los conceptos de tubería, pintura, aislamiento, instrumentación, materiales eléctricos, trabajo civil y estructuras metálicas. Con esta información se obtiene un costo total de los equipos de la PTAR.

Adicionalmente el software proporciona información adicional que se utiliza para la elaboración del estimado de costos general, esta información es:

- Horas Hombre de Ingeniería, procura, construcción y puesta en operación.
- Costos de ingeniería, procura, construcción y puesta en operación.
- Costos de la maquinaria, herramientas, insumos, servicios en campo.

El software también proporciona otros conceptos los cuales no se recomiendan utilizar ya que se ha comprobado que existe una alta variación entre los datos arrojados y los costos reales, aunque bien pueden utilizarse como referencia paramétrica.

Fletes y gastos de aduana.

Estos costos relacionados al traslado de los equipos y materiales deberán de ser incluidos en los costos directos. Esto va ligado directamente al desarrollo de ingeniería básica ya que en esta etapa se conocen los equipos involucrados en el proceso y sus dimensiones, por lo que es de gran utilidad cotizar con diferentes compañías los costos de traslado y gastos de aduana si es el caso. Cuando no se cuenta con la información de estas empresas se puede asignar un porcentaje de referencia.

Ingeniería

EL costo por concepto de ingeniería puede ser calculado apoyado por costos estándar para los diferentes entregables y la H/H necesarias para realizarlos.

Para los costos de ingeniería proporcionados por ACCE serán tomados como referencia los valores de H/H necesarias y serán multiplicadas por el costo asignado para el desarrollo de la ingeniería básica, eso se puede facilitar con la herramienta de planeación de MS Project.

Cabe señalar que los costos asignados por el software suelen quedar abajo con respecto al costo real registrado en proyectos concluidos de PTAR's. Por lo que se recomienda que cada compañía tenga datos actualizados del valor de cada entregable para asignar un costo de ingeniería más preciso.

Maquinaria de construcción.

El costo que el simulador asigna para este rubro es muy preciso con respecto al costo real que se utiliza para la maquinaria, esto debido a que regionalmente en el país de origen del simulador se requiere la mayor cantidad de maquinaria para elaborar los trabajos de instalación y construcción, aunado a esto el simulador considera todos los trabajos correspondientes a la estructura y edificaciones civiles para los equipos.

El costo asignado, al igual que en las demás clases de estimado, puede ser prorrateado dentro del costo de ingeniería o construcción. Es conveniente, analizar y comparar con las bases estadísticas de proyectos similares que se hayan realizado con anterioridad.

Pruebas y puesta en operación.

Estos costos hacen relación al personal asignado al precomisionamiento y comisionamiento del proyecto, costos de los servicios empleados, modificaciones en los trabajos constructivos y la capacitación al personal para la operación.

En este rubro el simulador de ACCE asigna un total de H/H que incluye todo lo relacionado con pruebas y puesta en marcha. De la misma manera que sucede con el concepto de ingeniería se puede multiplicar el costo promedio de H/H para pruebas y puesta en marcha (en caso que la compañía cuente con bases de datos actualizadas) o en su defecto tomar el valor asignado por ACCE.

Sobrecosto.

Como en otras clases de estimado el rubro de "Sobrecosto" debe considerarse para completar el estimado por lo que para dar un valor de sobrecosto deberán considerarse los costos indirectos, el financiamiento y la utilidad, a continuación, se presenta un resumen con la información más relevante de estos tres conceptos:

Costos Indirectos. Son todos aquellos costos que están en el proyecto pero que no se contemplan directamente para la ejecución de la obra y se pueden identificar como:

- Honorarios, sueldos y prestaciones de personal directivo, técnico y administrativo.
- Rentas de edificios e instalaciones.
- Servicios de transporte no relacionados con el costo directo.
- Gastos de oficinas centrales y campo.
- Telecomunicaciones.

Trabajos de infraestructura para instalaciones provisionales y auxiliares.

Cabe señalar que este valor de sobre costo puede presentarse con información de proyectos similares realizados con anterioridad. O en dado caso que la compañía no cuente con una base de datos se podrá usar un porcentaje del 30% del costo directo total.

Financiamiento. Este rubro representa los costos derivados por la inversión que se realice ya sea de recursos propios o que realicen contratistas involucrados.

Utilidad. El monto de utilidad dependerá de la compañía encargada del proyecto ya que esta decidirá con base en registros históricos o con tabuladores internos y este se ve representado como un porcentaje del costo directo, por lo que a medida que el estimado del costo directo es más preciso, el estimado del monto de la utilidad también crecerá en precisión.

Contingencias.

Debido al enfoque de la presente guía que se desarrolla con la metodología FEL de compuertas, nos encontramos en un escenario en el cual a medida que se avanza en las fases de visualización, conceptualización y definición, es poco probable contar con desviaciones a lo concebido en el inicio, ya que a medida que avanza el proceso de desarrollo se eleva el número de elementos conocidos y por ende se cuenta con mayor certeza para tomar decisiones de avance.

Dicho esto, y aplicando lo anterior a los costos del proyecto, se puede decir que entre más elementos conocidos mayor es la precisión del estimado, pero como en todo proyecto existen conceptos no conocidos o elementos que se presentan durante el desarrollo, a los cuales no es posible asignarles un costo definitivo.

El monto por contingencias se presenta como un valor de los costos no conocidos y por ende no cuantificables, sin considerar un cambio en el alcance. Dar un valor dependerá del grado de avance del proyecto ya que para determinarlo cada compañía podrá basarse en referencias de proyectos similares o tomar un porcentaje del costo directo, para esta guía se tomará como referencia para el

estimado de costos clase III un rango de porcentajes de entre el 15% y el 25% del costo directo, esto ya que es el rango que utiliza la gerencia de costos de petróleos mexicanos.

El método propuesto en esta metodología, es el ocupado por la gerencia especializada de ingeniería de costos de petróleos mexicanos.

La metodología se ayuda de un formato Excel vinculado con el software "Crystal Ball" para el cálculo de la contingencia se debe seguir esta serie de pasos:

1. Alimentar a la hoja de cálculo con los valores del costo directo, equipos, ingeniería, fletes, etc.
2. Seleccionar el origen de la información técnica utilizada para formar el costo directo.

El proceso de selección del punto número 2 se basa en un histórico de proyectos que, a partir de la información seleccionada, emplea factores para determinar el rango de variación del costo directo. Esto proporciona un monto mínimo esperado y un monto máximo esperado, que son las variables que en automático Excel vincula con el software CrystalBall y mediante el Método de Montecarlo se obtiene una distribución probabilística con una desviación determinada que arroja el porcentaje que debe ser considerado para la contingencia.

De esta forma la metodología permite obtener un monto de contingencia relacionando con la información técnica, las fuentes de consulta y las herramientas que se hayan empleado para obtener el costo directo. Esto es relevante ya que dependiendo del origen de la información es el riesgo asociado a desviarse en el estimado de costo [dar referencia a Luis].

Allowance.

El allowance o la tolerancia es un valor que se encuentra en el estimado de costos y representa las desviaciones integradas al estimado de costos base, y se obtienen por medidas estadísticas de ítems imprevistos como: Cambios de cantidades, tolerancias entre precios de equipo principal o material grueso (Bulk), variaciones en costo de mano de obra y productividades, etc.

Escalación.

El término de escalación hace referencia a la inflación en los precios para los conceptos de construcción industrial (compra de equipos, mano de obra y renta de maquinaria).

Para determinar el costo por escalación, se debe calcular el presupuesto de a través de un programa financiero, calendarizado de acuerdo al tiempo de ejecución, el programa del proyecto y al flujo de efectivo planificado. Cabe señalar que la

información de los índices, históricos y pronósticos debe estar actualizada a la fecha del estimado.

Se recomienda consultar las siguientes fuentes para obtener índices de inflación:

INPP (INEGI) "*Actividades Secundarias sin petróleo: este Indicador contempla la Transformación de bienes (Minería, Generación de Transmisión y distribución de energía eléctrica, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, Construcción e Industrias Manufactureras)*".

Ingeniería básica extendida.

Es una fase intermedia entre la ingeniería básica y la ingeniería de detalle, normalmente en esta fase se detalla y se complementa la mayoría de los entregables de las fases predecesoras para tener datos confiables de constructibilidad dándonos como resultado un compendio de documentos técnicos del proyecto los cuales nos servirán para comenzar con los trabajos de licitación de los componentes principales del proyecto, así como de los materiales de construcción de la obra.

En esta fase se desarrolla información técnica especializada de las diferentes disciplinas para el diseño mecánico de los equipos (funcionamiento, construcción materiales de construcción y accesorios), seguridad industrial, sistemas de instrumentación y control, trayectorias para señales de instrumentos, sistemas de telecomunicación, instalaciones eléctricas, arreglos, trayectorias y especificaciones de tubería, planos civiles y arquitectónicos, todos estos basados en la fase de ingeniería básica. Así mismo pretende disminuir el grado de incertidumbre en el desarrollo del proyecto.

Entregables de Ingeniería de Proceso

- Bases de diseño.
- Lista de equipo.
- Requerimientos de servicios auxiliares.
- Requerimientos de agentes químicos y/o biológicos.
- Diagrama de balance de servicios auxiliares.
- Filosofía básica de operación.
- Hojas de datos de equipos de proceso.
- Memorias de cálculo de equipos de proceso.
- Especificaciones técnicas de equipo de proceso.
- Sumario y descripción de los efluentes y emisiones y emisiones incluyendo procedimientos de disposición.
- Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.
- Especificación de equipos del paquete de proceso.
- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Diagrama de tubería e instrumentación de proceso.
- Diagrama de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.

- Diagrama de tubería e instrumentación de sistema de desfuegos.
- Lista de líneas de servicios auxiliares desfuegos y contra incendio.
- Especificación del sistema de desfuegos.
- Diagrama de entradas y salidas a L.B.
- Bases de diseño de ingeniería de seguridad industrial y protección ambiental.
- Definición de alcances para cumplimiento de requerimientos obtenidos del resolutivo ambiental dictado por la autoridad.
- Análisis de riesgos de proceso (PHA) por unidad de proceso y/o plantas y cumplimientos de recomendaciones.
- Determinación del nivel seguridad, NIS por unidad de proceso y/o plantas.
- Diagrama de tuberías e instrumentación del sistema contra incendio.
- Consideraciones de seguridad y requerimientos especiales.
- Lista y especificaciones de equipo de seguridad contra incendio y de protección personal (aire de respiración, regaderas, lavaojos, etc.).
- Filosofía básica de seguridad industrial y protección ambiental.
- Diagrama general de simbología.
- Esquema de ubicación y localización de detectores, alarmas y otros elementos de seguridad.
- Memoria de cálculo del sistema contra incendios.
- Especificación del sistema de protección contra incendios.
- Especificación del sistema de supresión para cuartos satélites y subestaciones eléctricas.
- Especificación técnica del sistema de aire de respiración.
- Sistema de mitigación por fugas de cloro para la zona de desinfección.
- Diagrama de red contra incendios.
- Diagrama de áreas potenciales de incendio.
- Plano de localización de extintores.
- Plano de sistemas de aspersión.
- Diagrama de tubería e instrumentación del sistema contra incendios.
- Memoria de cálculo de detectores de humo.
- Memoria de cálculo del sistema de protección contra incendios.
- Lista de elementos contra incendio.
- Filosofía de detección de gas y fuego.
- Filosofía de operación, control y seguridad (en conjunto con proceso).

Entregables de Ingeniería Civil

- Bases de diseño de ingeniería civil.
- Planos de cimentación (edificios, equipos y alumbrado).
- Planos de caminos y carreteras de acceso (si hicieran falta).

- Planos de instalaciones (sanitarias, hidráulicas, eléctricas y servicios).
- Planos de estructuras y edificios complementarios.
- Plano de pavimentación (si hiciera falta).
- Memoria de cálculo de mecánica de suelos.
- Memoria de cálculo de cimentación (edificios, equipos y alumbrado).
- Memoria de cálculo de caminos y carreteras de acceso (si hiciera falta).
- Memoria de cálculo de instalaciones (sanitarias, hidráulicas, eléctricas y servicios).
- Memoria de cálculo de equipo de concreto.
- Memoria de cálculo de estructuras y edificios complementarios.
- Memoria de cálculo de pavimentación (si hiciera falta).
- Lista preliminar de materiales de construcción.

Entregables de Ingeniería Mecánica

- Bases de diseño de ingeniería mecánica.
- Hojas de datos de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Memoria de cálculo de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Especificaciones técnicas de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Memorias de cálculo de recipientes.
- Hojas de datos de recipientes
- Memorias de cálculo de filtros.
- Hojas de datos de filtros.
- Memoria de cálculo de cambiadores de calor.
- Hoja de datos de cambiadores de calor.
- Memoria de cálculo de calentadores a fuego directo.
- Hoja de datos de calentadores a fuego directo.
- Dibujos de arreglo general de recipientes.
- Dibujos de detalles de equipo mecánico (estáticos y rotantes).

Entregables de Ingeniería Eléctrica.

- Bases de diseño del sistema eléctrico.
- Diagrama unifilar.
- Plano de clasificación de áreas peligrosas.
- Esquema general de arreglo de equipo en subestación eléctrica.
- Esquema general de puesta a tierra y pararrayos.
- Plano de distribución de fuerza por ductos subterráneos y/o charolas.
- Planos de sistema de alumbrado.
- Memoria de cálculo de alumbrado.
- Memoria de cálculo de estudio de corto circuito.

- Memoria de cálculo de protecciones a equipos.
- Memoria de cálculo de transformadores.
- Memoria de cálculo de motores.
- Memoria de cálculo de centro de control de motores.
- Memoria de cálculo de fuerza y control.
- Memoria de cálculo de resistencia de puesta a tierra.
- Memoria de cálculo de tableros de distribución.
- Lista de equipo eléctrico principal.
- Lista de cedula de cables y conduit.
- Lista de luminarias.
- Lista de transformadores.
- Lista de motores.
- Lista de cargas eléctricas.
- Lista de tableros.
- Lista de simbología y notas generales
- Hoja de datos de transformadores.
- Hoja de datos de tableros de distribución.
- Hoja de datos de centro de control de motores.
- Hoja de datos de sistema de fuerza.
- Hoja de datos de resistencia a puesta a tierra.
- Filosofía de operación del sistema de disparo múltiple de cargas

Entregables de Ingeniería de Tuberías e Instrumentación.

- Bases de diseño de instrumentación y control.
- Filosofía de control.
- Índice de instrumentos.
- Hojas de datos de instrumentos (De campo, en línea, etc.).
- Hojas de datos de válvulas de control.
- Especificaciones técnicas generales de instrumentos.
- Hojas de datos de válvulas de control.
- Hojas de datos de analizadores.
- Especificación del sistema de control distribuido SCD.
- Cuestionario técnico del sistema de control distribuido.
- Especificación técnica del sistema de paro por emergencia.
- Cuestionario técnico del sistema de paro de emergencia.
- Especificación de requerimientos de seguridad del sistema de paro de emergencia.
- Especificación técnica del sistema de gas y fuego (SG y F).
- Cuestionario técnico del sistema de gas y fuego (SG y F).

- Esquemas de distribución de equipo en cuartos satélites.
- Bases de datos o sumarios de entradas y salidas para los sistemas de control, sistema de paro de emergencia y sistema de gas y fuego.
- Plano de la arquitectura general de los sistemas de control y protección.
- Esquemas de localización de instrumentos en campo.
- Esquema de rutas de señales y trayectoria eléctrica de instrumentos.
- Dibujos típicos de instalación de instrumentación especializada.
- Sumario de alarmas paros y arranques.
- Circuitos lógicos de control críticos.
- Requerimientos para equipos paquete.
- Hojas de datos de disposición de relevo.
- Bases de diseño de ingeniería de tuberías y análisis de esfuerzos.
- Criterios generales de diseño.
- Arreglo general de equipo.
- Arreglo general de tuberías (Mosaico).
- Diagramas isométricos.
- Diagramas de ruta de tuberías.
- Diagramas de tuberías e instrumentación.
- Plano clave de tuberías.
- Orientación y localización de tuberías.
- Estudios de tubería aérea.
- Dibujos de planos y elevaciones.
- Planos de tubería subterránea.
- Sistema contra incendios.
- Plano de líneas de entrada y salida.
- Plano de notas generales.
- Memoria de cálculo de líneas de tubería.
- Memoria de cálculo de interconexiones de tubería.
- Memoria de cálculo de válvulas.
- Hoja de datos de líneas de tubería.
- Hoja de datos de interconexiones de tubería.
- Hoja de datos de válvulas.
- Lista de líneas de tubería.
- Lista de interconexiones de tubería.

Etapa de definición.

En la etapa de definición todos los trabajos de ingeniería se tienen que desarrollar con un alto nivel de detalle ya que serán los últimos entregables antes de la procura, lo que significa que cualquier error en el diseño impactará directamente en el costo

del proyecto, para evitar este tipo de errores, como ya se mencionó con anterioridad se sigue una metodología de compuertas por lo que en esta última es de suma importancia que el administrador de proyectos realice una adecuada gerencia de las actividades

En el aspecto de las modificaciones se debe aclarar que no se recomienda realizar cambios en el diseño de los siguientes conceptos:

- Proceso de tratamiento.
- Capacidad de la planta.
- Equipo principal o crítico para el proceso.
- Equipo principal de los servicios auxiliares de la planta.

Las modificaciones podrán hacerse en equipos menores, en edificaciones civiles, especificaciones eléctricas o de tubería (instalación, arreglo), tomando en consideración que los diseños ya se realizaron y que si se modifica algo deberá impactar muy poco en el tiempo de ejecución y en el costo.

Durante esta etapa se recomienda que se lleven a cabo las siguientes actividades:

- Desarrollo de la ingeniería detalle.
- Evaluación PDRI.
- Actividades de procura temprana.
- Estimado de costos clase II.
- Acreditación de fase de definición.

Ingeniería de detalle.

La fase de Ingeniería de Detalle se diferencia de las demás fases creativas porque, así como en las otras fases los objetivos son los de analizar el problema y definir las soluciones más adecuadas, en esta fase, esas soluciones deben concretarse en respuestas únicas que han de describirse en su totalidad y con el detalle necesario para su posterior transformación en una realidad.

La información de los entregables que se desarrollan ha de ser suficiente para llevar a cabo la etapa de procura y sobre todo la construcción de la planta, ya sea bajo la dirección del mismo equipo de proyecto o por otro distinto.

En este sentido la precisión que se requiere es alta, no permitiéndose errores importantes ni valores estimativos, aunque en ocasiones no es posible disponer de toda la información que garantice una elevada fiabilidad en los resultados del proyecto.

Por lo regular los entregables de la ingeniería de detalle son:

Proceso

- Maqueta electrónica en 3D (en conjunto con tubería e instrumentación).

- Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
- Diagrama de tubería e instrumentación de proceso.
- Diagrama de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.
- Diagrama de tubería e instrumentación de sistema de desfogues.
- Criterios generales de diseño.
- Requerimientos de servicios auxiliares.
- Requerimientos de agentes químicos y/o biológicos.
- Filosofía básica de operación.
- Hojas de datos de equipos de proceso (en conjunto con IE,IC,IM,ITel.).
- Especificaciones de equipo de proceso.
- Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.
- Especificación de equipos del paquete de proceso.
- Lista de líneas de servicios auxiliares desfogues y contra incendio.
- Especificación del sistema de desfogues.

Civil

- Criterios generales de diseño.
- Análisis del estudio de mecánica de suelos.
- Análisis y perfil hidráulico.
- Diseño y plano de localización de pilotes.
- Plano clave de cimentaciones.
- Proyecto arquitectónico de edificaciones dentro de L.B.
- Cimentaciones de estructuras, de soportes y de apoyos especiales.
- Especificaciones de drenajes y pavimentos.
- Especificaciones de plataformas y escaleras en edificios y equipos.
- Especificaciones de marcos de soporteria para tubería.
- Especificaciones de soportes de ductos eléctricos.
- Especificaciones de cobertizos o techumbres para tubería.
- Especificaciones de materiales para construcción (Volumetría definitiva).
- Especificaciones de pruebas no destructivas para soldaduras.
- Especificación de fabricación de accesorios para construcción (Anclas).
- Especificaciones de materiales de cimentación y estructura (Volumetría definitiva).
- Especificaciones de colocación de concreto.
- Especificaciones de accesorios para reforzar la construcción.
- Especificaciones de aditivos para concreto.
- Especificaciones para pavimento.
- Especificaciones Grout.
- Especificación particular para cada edificio dentro de L.B.

Mecánica

- Criterios generales de diseño.
- Memoria de cálculo de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Especificación detallada y/o selección de modelos de equipos dinámicos.
- Definición de arreglo mecánico en los edificios o equipos contenedores.
- Planos constructivos de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
- Planos constructivos de recipientes.
- Lista de plataformas y escaleras en edificios y equipos.
- Especificación de plataformas y escaleras en edificios y equipos.

Eléctrica.

- Criterios generales de diseño.
- Plano de clasificación de áreas.
- Estudio de resistividad eléctrica.
- Sistema general de fuerza.
- Cédulas de conductores y arreglos de ductos.
- Sistema de alimentación eléctrica e instrumentos y cédulas de conductores.
- Arreglo de equipo eléctrico en subestación.
- Plano de alumbrado general y por secciones.
- Diagrama de control eléctrico.
- Sistema general de tierras y para rayos.
- Especificaciones de cable (Volumetría definitiva).
- Especificaciones de material eléctrico (Volumetría definitiva).

Tuberías e Instrumentación.

- Criterios generales de diseño.
- Plano de sistema general de telecomunicaciones.
- Especificaciones detalladas de instrumentos, válvulas de control y sistemas de control distribuido.
- Diagramas lógicos de control.
- Especificaciones de tablero de control.
- Especificaciones típicas de instalación de instrumentos.
- Plano de localización de instrumentos en campo.
- Plano de rutas y señales y detalles de interconexión.
- Lista de apoyos para tuberías en recipientes.
- Análisis de esfuerzo en líneas críticas.
- Especificaciones de tubería (Volumetría definitiva).
- Especificaciones de conexiones de tubería (Volumetría definitiva).
- Especificaciones de válvulas (Volumetría definitiva).
- Especificaciones de aislamientos térmicos para tuberías y equipos.

- Especificaciones de recubrimientos anticorrosivos y pinturas para tuberías y equipos.

Actividades de Procura Temprana.

La etapa de procura debe de estar supervisada por el administrador de proyectos en todo momento debido a que se deberá de pagar montos de inversión según los estimados de costo realizados, así mismo Identificar proveedores confiables que satisfagan las necesidades establecidas para el proyecto con el fin de tener una base de datos para futuros proyectos similares, otro tema importante donde el administrador de proyectos deberá poner focalizar su atención es que no se realice ninguna práctica ilícita dentro del proceso, lo que puede ocasionar problemas legales o problemas de imagen para la compañía.

El proceso de procura tiene las siguientes etapas:

- Análisis del libro de ingeniería básica y básica extendida.
- Elaboración de catálogos de conceptos/partidas.
- Identificación de proveedores.
- Elaboración y envío de solicitudes de cotización (Con especificaciones).
- Análisis de cotizaciones (método “Best Price”).
- Elaboración y envío de órdenes de compra.
- Pago según lo acordado con el proveedor.
- Inspección de los conceptos en taller.
- Entrega de los conceptos en campo.
- Inspección de los conceptos en campo.
- Registro de los artículos.
- Registro de la operación de compra.

Estimado de costos clase II.

Esta clase de estimados se realizan con la finalidad de monitorear y controlar el costo del proyecto, ya que se realizan posterior a la procura, lo que indica que para este punto el nivel de variación con respecto al estimado de costos clase III es menor, esto porque todos los precios con los que se hará el estimado serán proporcionados por el área de procura.

Tanto el contenido, como la metodología para realizar el estimado será similar a la indicada en el apartado “Desarrollo del estimado de costos clase III”, con la modificación que los costos de las volumetrías de obra y de los equipos de las diferentes disciplinas que intervienen en el proyecto serán alimentados al software directamente de datos del departamento de procura basado en el análisis “Best Price”.



Capítulo 5 Caso de estudio AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, MICHOACÁN¹.



Ilustración 1 Planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, Michoacán. Fuente: www.mimorelia.com

¹ El I.Q. José Ángel López Díaz preparó este caso de estudio bajo la supervisión del M.I. José Antonio Ortiz Ramírez y del M.A. Juan Mario Morales Cabrera, como parte del trabajo de investigación del programa de posgrado en ingeniería, con la finalidad de ser utilizado para propósitos educativos, de uso práctico y/o de investigación.

La información técnica que se presentan ha sido recopilada en su totalidad, la creación de los documentos técnicos (de ingeniería) está fuera del alcance del trabajo, aunque algunos de ellos se presentan con la finalidad de enriquecer el contenido del presente trabajo.

El autor agradece al M.I. Luis Rodolfo Alvarado De La Fuente, miembro de la gerencia de ingeniería de costos de PEMEX TI su contribución; la elaboración de este caso no hubiera sido posible sin su ayuda.

Resumen Ejecutivo.

El presente caso muestra el proceso de administración de proyectos bajo los conceptos establecidos en el documento “*Guía para la administración de proyectos aplicada a una planta de tratamiento de aguas residuales municipales*”, para la etapa del desarrollo de ingeniería del proyecto de la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, en el estado de Michoacán.

Se mostrarán los aspectos claves en la administración del proyecto, abarcando las etapas de:

- Ingeniería Conceptual.
- Ingeniería Básica.
- Ingeniería Básica Extendida.
- Ingeniería de Detalle.

Este caso de estudio propone la existencia de un margen de mejora en el proceso administrativo del proyecto, considerando que existen deficiencias que se pueden atacar para contribuir a la generación de beneficios tangibles e intangibles en el desarrollo del diseño de la planta, lo que dará pie al cumplimiento de los objetivos que se planteen en términos de tiempo, costo, alcance y calidad.

A su vez el presente caso de estudio pretende asentar bases sólidas para el desarrollo de las etapas posteriores del proyecto (procura, construcción, operación y desmantelamiento) lo que garantiza que todos los esfuerzos y recursos, sean utilizados de una manera adecuada y que no existan desviaciones considerables en la ejecución de dichas etapas.

La importancia de este caso de estudio va más allá de ser un complemento de un trabajo de investigación ya que tiene un área de influencia directa a un sector industrial que se ha visto en decadencia en los últimos años generando impactos positivos en aspecto de innovación y contribuyendo a la generación de interés por parte de la comunidad en la búsqueda de procesos para la eficiencia de la ingeniería y administración de proyectos ambientales y de sostenibilidad.

Descripción del proyecto.

Actualmente la ciudad de Morelia cuenta con dos plantas de tratamiento, la primera la PTAR de Atapaneo atiende a poco más del 86% de Morelia y su zona metropolitana y debido a las condiciones topográficas de la zona la PTAR de Itzicuaró atiende a la población restante, estas dos PTARs se encuentran funcionando correctamente y cumplen con las normas ambientales establecidas, contribuyendo al saneamiento del Río Grande, sin embargo la capacidad de la infraestructura de tratamiento OOAPAS para el tratamiento de las aguas residuales del área de Morelia está llegando al límite (1,410 l/s), previéndose que su capacidad

se vea superada en los próximos 2 años según estimaciones realizadas por especialistas.

Sin perjuicio de lo anterior, la situación puntual de la PTAR Atapaneo es más apremiante ya que la información disponible permite constatar que su capacidad instalada (1,200 l/s) actualmente es rebasada 4 meses al año y la ocurrencia de esto será cada vez más frecuente, desviando el excedente de agua residual cruda a través de un by-pass hacia el cauce del Río Grande. Si a esto se agrega el hecho de que la zona de Atapaneo, por un tema de configuración topográfica, es la que va a recibir los flujos adicionales de aguas residuales, resulta claro que la capacidad adicional de tratamiento debe ser implementada en esta zona y con ello asegurar la continuidad en el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.

Con la información anterior se sabe que el agua excedente desviada a través del by-pass y que es descargada al Río Grande no cumple con la NOM-001, NOM-003, NOM-004 emitidas por SEMARNAT, contaminando el cauce del río, generando molestias a la población (malos olores), problemas de salud pública y degradación de flora y fauna. Además, aguas debajo de la PTAR se localizan terrenos agrícolas con cultivos para consumo humano del Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro los cuales serán regados con agua residual que no cumple con la norma.

Con el objetivo de contar con la infraestructura necesaria para el tratamiento de aguas residuales y dar cumplimiento a las normas de saneamiento se planteó el proyecto *“Diseño, construcción, equipamiento, operación, mantenimiento y conservación de la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, en el estado de Michoacán”*. Cuyo proceso se basa en el sistema de lodos activados con modalidad aireación extendida y desinfección.

Por lo que este proyecto se abocará a realizar los trabajos de ingeniería necesarios para completar la fase de diseño que contempla las siguientes etapas:

- Ingeniería Conceptual.
- Ingeniería Básica.
- Ingeniería Básica Extendida.
- Ingeniería de Detalle.

EDT del proyecto (Paquetes de Ingeniería).

A continuación, se presenta la EDT del proyecto, mostrando los paquetes de las etapas de ingeniería con los diferentes entregables divididos por especialidad por lo que la Facultad de Química tendrá que elaborar dichos entregables en su totalidad, así como las actividades correspondientes.

EDT	Nombre
1	PTAR Atapaneo Etapa 1 (Ingeniería)
1.1	Anteproyecto.
1.2	Firma del acta constitutiva del proyecto.
1.3	Proyecto Ejecutivo
1.3.1	Etapas de visualización.
1.3.1.1	FEL I
1.3.1.1.1	Estrategia para el desarrollo de la etapa de visualización.
1.3.1.1.1.1	Organigrama del equipo para el proyecto
1.3.1.1.1.1.1	Lista de roles y responsabilidades del equipo del proyecto.
1.3.1.1.1.2	Lista de interesados en el proyecto.
1.3.1.1.1.2.1	Evaluación de los interesados del proyecto.
1.3.1.1.2	Antecedentes de la problemática.
1.3.1.1.3	Validación de la selección del sitio.
1.3.1.1.4	Evaluación y selección de la tecnología.
1.3.1.1.4.1	Bases técnicas para cotización de la tecnología
1.3.1.1.4.2	Bases comerciales para cotización de la tecnología
1.3.1.1.4.2.1	Solicitudes de cotización
1.3.1.1.4.2.1.1	Solicitud tecnólogo 1
1.3.1.1.4.2.1.2	Solicitud tecnólogo 2
1.3.1.1.4.2.1.3	Solicitud tecnólogo 3
1.3.1.1.4.2.2	Integración y aprobación del paquete de cotización de tecnología
1.3.1.1.4.2.3	Espera de cotizaciones
1.3.1.1.4.2.4	Selección de tecnología
1.3.1.1.4.2.4.1	Junta de integración de información de tecnólogos
1.3.1.1.4.2.4.2	Evaluación técnica
1.3.1.1.4.2.4.3	Evaluación económica financiera
1.3.1.1.4.2.4.4	Evaluación contractual
1.3.1.1.4.2.4.5	Aspectos estratégicos-técnicos
1.3.1.1.4.2.4.6	Aspectos normativos
1.3.1.1.4.2.4.7	Selección final de tecnología
1.3.1.1.4.2.5	Contratación de tecnología
1.3.1.1.4.2.5.1	Otorgamiento de licencia
1.3.1.1.4.2.5.2	Definición de acuerdos de confidencialidad
1.3.1.1.4.2.5.3	Revisión jurídica
1.3.1.1.4.2.5.4	Revisión de licencias
1.3.1.1.4.2.5.5	Revisión por parte del tecnólogo
1.3.1.1.4.2.5.6	Envío de contrato al jurídico de parte del tecnólogo
1.3.1.1.4.2.5.7	Firma de contrato
1.3.1.1.5	Estimado de costos clase V.
1.3.1.1.6	Evaluación de riesgos de la etapa de visualización.

1.3.1.1.7	Alcance del proyecto
1.3.1.1.8	EDT del proyecto
1.3.1.1.9	Ingeniería Conceptual
1.3.1.1.9.1	Evaluación de los requerimientos técnicos del cliente.
1.3.1.1.9.2	Previsión para futuras ampliaciones de la PTAR.
1.3.1.1.9.3	Diagrama de bloques o esquema de proceso preliminar.
1.3.1.1.9.4	Balance de materia global.
1.3.1.1.9.5	Arreglo general de los equipos en el área delimitada.
1.3.1.1.10	Estimado de costos clase IV.
1.3.1.1.11	Acreditación de la fase de visualización.
1.3.1.1.11.1	Verificación de la alineación del proyecto con respecto a los objetivos principales.
1.3.2	Etapa de conceptualización
1.3.2.1	FEL II A
1.3.2.1.1	Estudios preliminares.
1.3.2.1.1.1	HAZOP
1.3.2.1.1.2	EIA – Estudio de Impacto Ambiental
1.3.2.1.1.3	SIL (Safety Integrity Level)
1.3.2.1.1.4	Estudio de Suelos
1.3.2.1.1.5	Relevamiento Topográfico
1.3.2.1.1.6	Estudios hidrológicos
1.3.2.1.2	Bases de diseño de ingeniería.
1.3.2.1.3	Ingeniería básica
1.3.2.1.3.1	Ingeniería de Proceso
1.3.2.1.3.1.1	Descripción de Proceso PTARA-DP-A-01
1.3.2.1.3.1.2	Criterios de diseño. PTARA-CD-A-01
1.3.2.1.3.1.3	Balance de Materia PTARA-BM-A-01
1.3.2.1.3.1.4	Memoria Descriptiva PTARA-MD-A-01
1.3.2.1.3.1.5	Planos
1.3.2.1.3.1.5.1	Diagrama de Flujo de Proceso 1 de 4 PTARA-A-01-01
1.3.2.1.3.1.5.2	Diagrama de Flujo de Proceso 2 de 4 PTARA-A-01-02
1.3.2.1.3.1.5.3	Diagrama de Flujo de Proceso 3 de 4 PTARA-A-01-03
1.3.2.1.3.1.5.4	Diagrama de Flujo de Proceso 4 de 4 PTARA-A-01-04
1.3.2.1.3.1.5.5	Diagrama de Simbología PTARA-A-01-06
1.3.2.1.3.1.6	Memorias de Cálculo
1.3.2.1.3.1.6.1	Memoria de Cálculo Cribas Gruesas PTARA-MC-A-01
1.3.2.1.3.1.6.2	Memoria de Cálculo Transportador de Basuras PTARA-MC-A-02
1.3.2.1.3.1.6.3	Memoria de Cálculo Cribas Finas PTARA-MC-A-03
1.3.2.1.3.1.6.4	Memoria de Cálculo Transportador de sólidos PTARA-MC-A-04
1.3.2.1.3.1.6.5	Memoria de Cálculo Clasificador/Lavador de Arenas PTARA-MC-A-05
1.3.2.1.3.1.6.6	Memoria de Cálculo Bomba de Agua Sobrenadantes PTARA-MC-A-06
1.3.2.1.3.1.6.7	Memoria de Cálculo Bomba de Alimentación a Reactores PTARA-MC-A-07

1.3.2.1.3.1.6.8	Memoria de Cálculo Bomba de Recirculación de Lodos PTARA-MC-A-08
1.3.2.1.3.1.6.9	Memoria de Cálculo Bombas de Agua de Servicios PTARA-MC-A-09
1.3.2.1.3.1.6.10	Memoria de Cálculo Soplador Centrifugo PTARA-MC-A-10
1.3.2.1.3.1.6.11	Memoria de Cálculo Soplador Lobular PTARA-MC-A-11
1.3.2.1.3.1.6.12	Memoria de Cálculo Equipo Clorador PTARA-MC-A-12
1.3.2.1.3.1.6.13	Memoria de Cálculo Bomba para Lodos Químicos PTARA-MC-A-13
1.3.2.1.3.1.6.14	Memoria de Cálculo Bomba para Lodos Primarios PTARA-MC-A-14
1.3.2.1.3.1.6.15	Memoria de Cálculo Bomba para Lodos Espesados PTARA-MC-A-15
1.3.2.1.3.1.6.16	Memoria de Cálculo Sopladores de Biogás PTARA-MC-A-16
1.3.2.1.3.1.6.17	Memoria de Cálculo Bombas de Mezclado PTARA-MC-A-17
1.3.2.1.3.1.6.18	Memoria de Cálculo Bomba de Agua de Calentamiento PTARA-MC-A-18
1.3.2.1.3.1.6.19	Memoria de Cálculo Bomba de Recirculación de Agua PTARA-MC-A-19
1.3.2.1.3.1.6.20	Memoria de Cálculo Calentador PTARA-MC-A-20
1.3.2.1.3.1.6.21	Memoria de Cálculo Filtro Banda PTARA-MC-A-21
1.3.2.1.3.1.6.22	Memoria de Cálculo Transportador de Lodo Deshidratado PTARA-MC-A-22
1.3.2.1.3.1.6.23	Memoria de Cálculo Planta de Preparación de Polímero PTARA-MC-A-23
1.3.2.1.3.1.6.24	Memoria de cálculo Reactor de Lodos Activados. T-703 PTARA-MC-A-24
1.3.2.1.3.1.6.25	Memoria de cálculo Reactor de Lodos Activados. T-706 PTARA-MC-A-27
1.3.2.1.3.1.6.26	Memoria de cálculo Digestor de Lodos. Planta PTARA-MC-A-28
1.3.2.1.3.1.6.27	Memoria de cálculo Bombas de Lavado, Cloro Serv. PTARA-MC-A-30
1.3.2.1.3.1.6.28	Memoria de cálculo Bombas Lavado, Cloro y Servicios PTARA-MC-A-31
1.3.2.1.3.1.7	Hojas de Datos
1.3.2.1.3.1.7.1	Hoja de Datos Cribas Gruesas PTARA-HD-A-01
1.3.2.1.3.1.7.2	Hoja de Datos Transportador de Basuras PTARA-HD-A-02
1.3.2.1.3.1.7.3	Hoja de Datos Cribas Finas PTARA-HD-A-03
1.3.2.1.3.1.7.4	Hoja de Datos Transportador de sólidos PTARA-HD-A-04
1.3.2.1.3.1.7.5	Hoja de Datos Clasificador/Lavador de Arenas PTARA-HD-A-05
1.3.2.1.3.1.7.6	Hoja de Datos Bomba de Agua Sobrenadantes PTARA-HD-A-06
1.3.2.1.3.1.7.7	Hoja de Datos Bomba de Alimentación a Reactores PTARA-HD-A-07
1.3.2.1.3.1.7.8	Hoja de Datos Bomba de Recirculación de Lodos PTARA-HD-A-08
1.3.2.1.3.1.7.9	Hoja de Datos Bombas de Agua de Servicios PTARA-HD-A-09
1.3.2.1.3.1.7.10	Hoja de Datos Soplador Centrifugo PTARA-HD-A-10
1.3.2.1.3.1.7.11	Hoja de Datos Soplador Lobular PTARA-HD-A-11
1.3.2.1.3.1.7.12	Hoja de Datos Equipo Clorador PTARA-HD-A-12
1.3.2.1.3.1.7.13	Hoja de Datos Bomba para Lodos Químicos PTARA-HD-A-13
1.3.2.1.3.1.7.14	Hoja de Datos Bomba para Lodos Primarios PTARA-HD-A-14
1.3.2.1.3.1.7.15	Hoja de Datos Bomba para Lodos Espesados PTARA-HD-A-15
1.3.2.1.3.1.7.16	Hoja de Datos Sopladores de Biogás PTARA-HD-A-16
1.3.2.1.3.1.7.17	Hoja de Datos Bombas de Mezclado PTARA-HD-A-17
1.3.2.1.3.1.7.18	Hoja de DATES Bomba de Agua de Calentamiento PTARA-HD-A-18
1.3.2.1.3.1.7.19	Hoja de Datos Bomba de Recirculación de Agua PTARA-HD-A-19

1.3.2.1.3.1.7.20	Hoja de Datos Calentador PTARA-HD-A-20
1.3.2.1.3.1.7.21	Hoja de Datos Filtro Banda PTARA-HD-A-21
1.3.2.1.3.1.7.22	Hoja de Datos Transportador de Lodo Deshidratado PTARA-HD-A-22
1.3.2.1.3.1.7.23	Hoja de Datos Planta de Preparación de Polímero PTARA-HD-A-23
1.3.2.1.3.2	Ingeniería Eléctrica
1.3.2.1.3.2.1	Símbolos, características de materiales y notas generales. PTARA-L-00-01
1.3.2.1.3.2.2	Detalles de Instalación. PTARA-L-00-02
1.3.2.1.3.2.3	Cuadros de Cargas PTARA-L-00-03
1.3.2.1.3.2.4	Planos
1.3.2.1.3.2.4.1	Diagrama Unifilar 4.18 KV.CCM-2009032-0031DE 2 PTARA-L-00-05
1.3.2.1.3.2.4.2	Diagrama unifilar 4.16 kv.CCM-2009032-003 2 DE 2 PTARA-L-00-06
1.3.2.1.3.2.4.3	Sistema de Tierras. Edificio Administrativo. PTARA-L-02-01
1.3.2.1.3.2.4.4	Sistema de Tierras. Edificio de Servicios. PTARA-L-02-02
1.3.2.1.3.2.4.5	Sistema de Tierras. Sopladores. PTARA-L-03-01
1.3.2.1.3.2.4.6	Sistema de Tierras. Edificio de CCM PTARA-L-08-01
1.3.2.1.3.2.4.7	Sistema de Tierras. Edificio de cloración PTARA-L-03-02
1.3.2.1.3.2.4.8	Sistema de Tierras. Caseta de Vigilancia PTARA-L-03-03
1.3.2.1.3.2.4.9	Sistema de Tierras. Pretratamiento. PTARA-L-03-04
1.3.2.1.3.2.4.10	Sistema de Tierras. Cárcamo de bombeo. PTARA-L-03-05
1.3.2.1.3.2.4.11	Distribución de Alumbrado y Contactos Edificio Administrativo. PTARA-L-04-01
1.3.2.1.3.2.4.12	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de Servicios. PTARA-L-04-02
1.3.2.1.3.2.4.13	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de Sopladores PTARA-L-04-03
1.3.2.1.3.2.4.14	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de CCM. PTARA-L-04-04
1.3.2.1.3.2.4.15	Distribución de Alumbrado y Contactos. Edificio de Cloración. PTARA-L-04-05
1.3.2.1.3.2.4.16	Distribución de Alumbrado, Contactos, Fuerza, Voz y Datos. PTARA-L-04-06
1.3.2.1.3.2.4.17	Distribución de Alumbrado Exterior. PTARA-L-04-07
1.3.2.1.3.2.5	Memorias de Cálculo
1.3.2.1.3.2.5.1	Memoria de Cálculo de Alimentadores de B.T. PTARA-MC-L-01
1.3.2.1.3.2.5.2	Memoria do Cálculo de Sistema de Tierras PTARA-MC-L-02
1.3.2.1.3.2.5.3	Memoria de Cálculo de Corto Circuito PTARA-MC-L-03
1.3.2.1.3.2.5.4	Memoria de Cálculo de Alimentador Principal en Alta Tensión PTARA-MC-L-04
1.3.2.1.3.2.5.5	Memoria de Cálculo de Transformador Principal PTARA-MC-L-05
1.3.2.1.3.2.5.6	Memoria de Cálculo de Banco de Capacitores PTARA-MC-L-06
1.3.2.1.3.2.5.7	Memoria de Cálculo de Planta de Emergencia PTARA-MC-L-07
1.3.2.1.3.2.6	Hojas de Datos
1.3.2.1.3.2.6.1	Hoja de Datos CCM Normal PTARA-HD-L-01
1.3.2.1.3.2.6.2	Hoja de Datos CCM de Emergencia PTARA-HD-L-02
1.3.2.1.3.2.6.3	Hoja ce Datos Generador de Emergencia PTARA-HD-L-03
1.3.2.1.3.2.6.4	Hoja de Datos Subestación Compacta PTARA-HD-L-04
1.3.2.1.3.2.6.5	Hoja de Datos Transformador Principal PTARA-HD-L-05
1.3.2.1.3.3	Ingeniería Civil

1.3.2.1.3.3.1	Planos
1.3.2.1.3.3.1.1	Notas Generales Estructuras de Concreto. PTARA-EF-00-01
1.3.2.1.3.3.1.2	Notas Generales de Acero Estructural PTARA-EF-00-02
1.3.2.1.3.3.1.3	Notas Generales Acabados Arquitectura. PTARA-EF-00-03
1.3.2.1.3.3.1.4	Notas Generales Abreviaturas y Simbología Arquitectura. PTARA-EF-00-04
1.3.2.1.3.3.1.10	Edificio de Sopladores. Bases para Equipos. Planta. PTARA-EF-01-28
1.3.2.1.3.3.1.11	Edificio de Sopladores. Bases para Equipos. Cortes y Detalles. PTARA-EF-01-29
1.3.2.1.3.3.1.12	Edificio de Sopladores. Estructuración de Muros PTARA-EF-01-30
1.3.2.1.3.3.1.14	Edificio de CCM. Planta y Cortes Arquitectónicos. PTARA-EF-01-32
1.3.2.1.3.3.1.15	Edificio de CCM. Fachadas Arquitectónicas. PTARA-EF-01-33
1.3.2.1.3.3.1.16	Edificio de CCM. Planta y Cortes de Acabados. PTARA-EF-01-34
1.3.2.1.3.3.1.17	Edificio de CCM. Cancelería. PTARA-EF-01-35
1.3.2.1.3.3.1.18	Edificio de CCM. Instalación Aire Acondicionado. PTARA-EF-01-36
1.3.2.1.3.3.1.19	Edificio de CCM. Planta Cortes y Detalles Losa de Cimentación. PTARA-EF-01-37
1.3.2.1.3.3.1.20	Edificio de CCM. Bases para Equipos. Planta. PTARA-EF-01-38
1.3.2.1.3.3.1.22	Edificio de CCM. Estructuración de Muros PTARA-EF-01-40
1.3.2.1.3.3.1.25	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Dimensionales. Cortes PTARA-EF-05-02
1.3.2.1.3.3.1.28	Pretratamiento, Desarenado y Cribado. Columnas y Detalles Trabes PTARA-EF-05-05
1.3.2.1.3.3.1.29	Sedimentador Primario T-502 a 504. Planta y Cortes Dimensionales. PTARA-EF-05-06
1.3.2.1.3.3.1.30	Sedimentador Primario T-502 a 504 Planta Cortes y Detalles PTARA-EF-05-07
1.3.2.1.3.3.1.32	Reactores de Lodos Activados Cortes y Detalles PTARA-EF-05-08
1.3.2.1.3.3.1.33	Reactores de Lodos Activados Planta de Localización de Vertedores PTARA-EF-05-09
1.3.2.1.3.3.1.34	Reactor de Lodos Activados Planta Cortes y Detalles Dimensionales PTARA-EF-05-10
1.3.2.1.3.3.1.35	Reactor de Lodos Activados T-703/706 Planta Cortes PTARA-EF-05-11
1.3.2.1.3.3.1.36	Reactores de Lodos Activados Sistema de Fijación en Fronteras PTARA-EF-05-12
1.3.2.1.3.3.1.37	Cárcamo de Sobrenadantes T-501 Planta y Cortes Dimensionales PTARA-EF-05-13
1.3.2.1.3.3.1.38	Cárcamo de Sobrenadantes T-501 Planta Cortes y Detalles PTARA-EF-05-14
1.3.2.1.3.3.1.39	Tanque y Cárcamo de Agua de Servicios Planta y Cortes PTARA-EF-05-15
1.3.2.1.3.3.1.40	Tanque y Cárcamo de Agua de Servicios Planta Cortes PTARA-EF-05-16
1.3.2.1.3.3.1.41	Clarificador Secundario CL-801. Planta y Cortes Dimensionales. PTARA-EF-05-17
1.3.2.1.3.3.1.42	Clarificador Secundario CL-802. Planta y Cortes Dimensionales PTARA-EF-05-18
1.3.2.1.3.3.1.43	Clarificador Secundario CL-801 Planta Genes y Detalles. PTARA-EF-05-19
1.3.2.1.3.3.1.44	Clarificador Secundario CL-802. Planta, Cortes y Detalles PTARA-EF-05-20
1.3.2.1.3.3.1.47	Digestor de Lodos SD-1201. Planta y Cortes Dimensionales. PTARA-EF-05-23
1.3.2.1.3.3.1.48	Digestor de Lodos SD-1201 Planta Cortes y Detalles Estructurales. PTARA-EF-05-24
1.3.2.1.3.3.1.50	Perfil hidráulico PTARA-EJ-01-01
1.3.2.1.3.3.1.51	Arreglo general Agua de servicio PTARA-EJ-01-02
1.3.2.1.3.3.2	Memorias de Cálculo
1.3.2.1.3.3.2.1	Memoria de Cálculo de Edificios PTARA-MC-E-01
1.3.2.1.3.3.2.2	Memoria de Cálculo de Tanques PTARA-MC-E-02
1.3.2.1.3.4	Ingeniería Mecánica

1.3.2.1.3.4.1	Planos
1.3.2.1.3.4.1.1	Plano de notas generales, leyenda y símbolos. PTARA-X-1-01
1.3.2.1.3.4.1.2	Arreglo Mecánico Desarenadores Cribado fino, planta PTARA-X-3-01
1.3.2.1.3.4.1.3	Detalles Fabricación. Air Lifts y Cabezales de Aireación Auxiliar. Desarenadores PTARA-X-3-04
1.3.2.1.3.4.1.5	Arreglo y detalles criba manual para finos PTARA-X-3-06
1.3.2.1.3.4.1.6	Detalles fabricación criba manual de finos PTARA-X-3-07
1.3.2.1.3.4.1.7	Arreglo Mecánico reactores de lodos activados y Bio-P. planta PTARA-X-3-08
1.3.2.1.3.4.1.8	Arreglo Mecánico Reactores Lodos Activados y Bio-P secciones PTARA-X-3-09
1.3.2.1.3.4.1.9	Arreglo Mecánico Reactores Bio-P Secciones PTARA-X-3-10
1.3.2.1.3.5	Ingeniería de Tuberías e Instrumentación
1.3.2.1.3.5.1	Planos
1.3.2.1.3.5.1.1	Arreglo general de Tuberías PTARA-B-01-01
1.3.2.1.3.5.1.2	Mosaico General Planos de Arreglo de Tuberías PTARA-B-01-02
1.3.2.1.3.5.1.3	Arreglo General Cárcamo de Aguas Crudas. Planta y Cortes PTARA-B-01-03
1.3.2.1.3.5.1.4	Arreglo de Tuberías. Reactor de Lodos Activados. T-703 Planta PTARA-B-01-04
1.3.2.1.3.5.1.6	Arreglo de Tuberías. Digestor de Lodos. Planta PTARA-B-01-08
1.3.2.1.3.5.1.7	Arreglo de Tuberías. Bombas de Lavado, Cloro y Servicios. Planta PTARA-B-02-01
1.3.2.1.3.5.1.8	Arreglo de Tuberías de AIRE Planta y Elevaciones. PTARA-B-02-03
1.3.2.1.3.5.1.10	Arreglo de Tuberías Tubería de RAS Planta y Cortes PTARA-B-02-05
1.3.2.1.3.5.1.11	Arreglo de Tuberías Soportes y Abrazaderas Cortes y Detalles PTARA-B-02-06
1.3.2.1.3.5.1.12	Plano Isométrico Reactor de Lodos Activados. T-703 Planta PTARA-B-02-01
1.3.2.1.3.5.1.13	Plano Isométrico Reactor de Lodos Activados. T-706 Planta PTARA-B-02-03
1.3.2.1.3.5.1.14	Plano Isométrico Digestor de Lodos. Planta PTARA-B-02-05
1.3.2.1.3.5.1.15	Plano Isométrico Bombas de Lavado, Cloro y Servicios. Planta PTARA-B-02-07
1.3.2.1.3.5.1.17	Plano Isométrico Soportes y Abrazaderas Cortes y Detalles PTARA-B-02-12
1.3.2.1.3.5.2	Memorias de Cálculo
1.3.2.1.3.5.2.1	Memoria de cálculo de tuberías Reactor de Lodos Activados. T-703 PTARA-B-MC-01
1.3.2.1.3.5.2.2	Memoria de cálculo de tuberías Reactor de Lodos Activados. T-706 PTARA-B-MC-03
1.3.2.1.3.5.2.3	Memoria de cálculo de tuberías Digestor de Lodos. PTARA-B-MC-05
1.3.2.1.3.5.2.4	Memoria de cálculo de tuberías Bombas de Cloro y Servicios. PTARA-B-MC-07
1.3.2.1.3.5.2.5	Memoria de cálculo de tuberías para mesa espesadora. PTARA-B-MC-09
1.3.2.1.3.5.2.6	Memoria de cálculo de tuberías para de WAS PTARA-B-MC-10
1.3.2.1.3.5.2.7	Memoria de cálculo de tuberías para Soportes y Abrazaderas. PTARA-B-MC-12
1.3.2.1.3.5.2.8	Memoria de Cálculo Tubería de Aire PTARA-B-MC-13
1.3.2.1.3.5.2.11	Memoria de cálculo Manómetros PTARA-B-MC-14
1.3.2.1.3.5.2.12	Memoria de cálculo Transmisor de Temperatura PTARA-B-MC-15
1.3.2.1.3.5.2.13	Memoria de cálculo Transmisor de Presión PTARA-B-MC-19
1.3.2.1.3.5.2.14	Memoria de cálculo Tablero de Control PTARA-B-MC-21
1.3.2.1.3.5.3	Hojas de Datos
1.3.2.1.3.5.3.1	Hoja de Datos de tubería para Reactor de Lodos Activados. T-703 PTARA-B-HD-01
1.3.2.1.3.5.3.2	Hoja de Datos de tubería para Reactor de Lodos Activados. T-706 PTARA-B-HD-03

1.3.2.1.3.5.3.3	Hoja de Datos de tubería para Digestor de Lodos. PTARA-B-HD-05
1.3.2.1.3.5.3.4	Hoja de Datos de tubería para Bombas de Lavado, Cloro y Servicios. PTARA-B-HD-07
1.3.2.1.3.5.3.6	Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Magnético PTARA-B-HD-12
1.3.2.1.3.5.3.7	Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Ultrasónico PTARA-B-HD-13
1.3.2.1.3.5.3.8	Hoja de Datos Manómetros PTARA-B-HD-14
1.3.2.1.3.5.3.9	Hoja de Datos Transmisor de Temperatura PTARA-B-HD-15
1.3.2.1.3.5.3.10	Hoja de Datos Transmisor Analizador de Oxígeno PTARA-B-HD-16
1.3.2.1.3.5.3.15	Hoja de datos Tablero de Control PTARA-B-HD-21
1.3.2.1.3.5.4	Listas
1.3.2.1.3.5.4.1	Lista de líneas de tubería. PTARA-B-IL-01
1.3.2.1.3.5.4.2	Lista de interconexiones de tubería. PTARA-B-IL-02
1.3.2.1.4	Evaluación PDRI.
1.3.2.1.5	Declaración del alcance definitivo
1.3.2.1.6	Estimado de costo clase III
1.3.2.2	FEL II B
1.3.2.2.1	Ingeniería Básica Extendida
1.3.2.2.1.1	Ingeniería de Proceso
1.3.2.2.1.1.1	Planos
1.3.2.2.1.1.1.1	Esquema de ubicación y localización de elementos de seguridad. PTARA-AS-2-01
1.3.2.2.1.1.1.2	Diagrama de red contra incendios. PTARA-AS-2-02
1.3.2.2.1.1.1.3	Diagrama de áreas potenciales de incendio. PTARA-AS-2-03
1.3.2.2.1.1.1.4	Plano de localización de extintores. PTARA-AS-2-04
1.3.2.2.1.1.1.5	Plano de sistemas de aspersión. PTARA-AS-2-05
1.3.2.2.1.1.2	Memorias de cálculo
1.3.2.2.1.1.2.1	Memoria de cálculo de detectores de humo. PTARA-MC-A-24
1.3.2.2.1.1.2.2	Memoria de cálculo del sistema contra incendios. PTARA-MC-A-25
1.3.2.2.1.1.2.3	Memoria de cálculo del sistema contra incendios. PTARA-MC-A-26
1.3.2.2.1.1.3	Listas
1.3.2.2.1.1.3.1	Lista de Equipos, Carga y Motores PTARA-LE-A-01
1.3.2.2.1.1.3.2	Lista de Válvulas PTARA-LE-A-02
1.3.2.2.1.1.3.3	Lista y especificaciones de equipo de seguridad contra incendio y de protección personal (aire de respiración, regaderas, lavajos,) PTARA-LE-A-02
1.3.2.2.1.1.3.4	Requerimientos Sistema de mitigación por fugas de cloro zona de desinfección. PTARA-ESP-A-01
1.3.2.2.1.1.3.5	Requerimientos de servicios auxiliares. PTARA-ESP-A-02
1.3.2.2.1.1.3.6	Requerimientos de agentes químicos y/o biológicos. PTARA-ESP-A-03
1.3.2.2.1.1.3.7	Sumario y descripción de los efluentes y emisiones, incluyendo procedimientos de disposición. PTARA-LEF-A01
1.3.2.2.1.1.3.8	Tablas de causa y efecto. PTARA-ET-A-01
1.3.2.2.1.1.4	Especificaciones
1.3.2.2.1.1.4.1	Especificaciones de Planta de Preparación de Polímero PTARA-ESP-A-25
1.3.2.2.1.1.4.2	Especificación del sistema de protección contra incendios. PTARA-ESP-A-26

1.3.2.2.1.1.4.3	Especificación del sistema de supresión para cuartos satélites y subestaciones eléctricas. PTARA-ESP-A-27
1.3.2.2.1.1.4.4	Especificación técnica del sistema de aire de respiración. PTARA-ESP-A-28
1.3.2.2.1.1.4.5	Especificación de Sistema de mitigación por fugas de cloro para la zona de desinfección. PTARA-ESP-A-29
1.3.2.2.1.1.4.6	Consideraciones de seguridad y requerimientos especiales. PTARA-CD-A-02
1.3.2.2.1.1.5	Filosofía básica de operación. PTARA-FO-A-01
1.3.2.2.1.1.6	Filosofía de detección de gas y fuego. PTARA-FO-A-02
1.3.2.2.1.1.7	Filosofía básica de seguridad industrial y protección ambiental. PTARA-FO-A-03
1.3.2.2.1.1.8	Manual de procedimientos de control analítico, incluyendo requerimientos e insumos de laboratorio. PTARA-MO-A-01
1.3.2.2.1.1.9	Filosofía de operación, control y seguridad. PTARA-FOP-A-03
1.3.2.2.1.2	Ingeniería Eléctrica
1.3.2.2.1.2.1	Planos
1.3.2.2.1.2.1.1	Distribución de Equipo. Edificio de Servicios PTARA-L-05-01
1.3.2.2.1.2.1.2	Distribución de Equipo. Edificio de Sopladores PTARA-L-05-02
1.3.2.2.1.2.1.3	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Pretratamiento PTARA-L-05-03
1.3.2.2.1.2.1.4	Distribución de Fuerza. Control e Instrumentos. Cárcamo de bombas PTARA-L-05-04
1.3.2.2.1.2.1.5	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Reactor de Lodos Activados PTARA-L-05-05
1.3.2.2.1.2.1.6	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Área Digestor y Quemador PTARA-L-05-06
1.3.2.2.1.2.1.7	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos. Edificio Administrativo PTARA-L-05-07
1.3.2.2.1.2.1.8	Cortes de Charolas y Ductos. 1 de 3. PTARA-L-00-07
1.3.2.2.1.2.1.9	Cortes de Charolas y Ductos. 2 de 3. PTARA-L-00-08
1.3.2.2.1.2.1.10	Cortes de Charolas y Ductos. 3 de 3. PTARA-L-00-09
1.3.2.2.1.2.1.11	Canalización de Voz y Datos. Edificio de Administrativo y Lab. PTARA-L-00-10
1.3.2.2.1.2.1.12	Diagrama de Tablero de Control Principal y Locales PTARA-L-00-11
1.3.2.2.1.3	Ingeniería Civil
1.3.2.2.1.3.1	Planos
1.3.2.2.1.3.1.1	Edificio Administrativo. Plantas Arquitectónicas. PTARA-EF-01-01
1.3.2.2.1.3.1.2	Edificio Administrativo. Cortes Arquitectónicos. PTARA-EF-01-02
1.3.2.2.1.3.1.3	Edificio Administrativo. Fachadas Arquitectónicas. PTARA-EF-01-03
1.3.2.2.1.3.1.4	Edificio Administrativo. Planta Acabados Arquitectónicos. PTARA-EF-01-04
1.3.2.2.1.3.1.5	Edificio Administrativo. Cortes Acabados Arquitectónicos. PTARA-EF-01-05
1.3.2.2.1.3.1.6	Edificio Administrativo. Instalación hidráulica y sanitaria. PTARA-EF-01-06
1.3.2.2.1.3.1.7	Edificio Administrativo. Planta, Cortes y Cancelería PTARA-EF-01-07
1.3.2.2.1.3.1.8	Edificio Administrativo. Planta y Cortes Aire Acondicionado. PTARA-EF-01-08
1.3.2.2.1.3.1.9	Edificio Administrativo. Planta Estructuración de Azotea. PTARA-EF-01-09
1.3.2.2.1.3.1.11	Edificio Administrativo. Estructuración de Muros 1 de 2. PTARA-EF-01-11
1.3.2.2.1.3.1.12	Edificio Administrativo. Estructuración de Muros 2 de 2. PTARA-EF-01-12
1.3.2.2.1.3.1.13	Edificio de Servicios. Planta y Cortes Arquitectónicos. PTARA-EF-01-13
1.3.2.2.1.3.1.14	Edificio de Servicios. Fachadas Arquitectónicas. PTARA-EF-01-14
1.3.2.2.1.3.1.15	Edificio de Servicios. Planta y Cortes de Acabados. PTARA-EF-01-15

1.3.2.2.1.3.1.16	Edificio de Servicios. Instalación Hidráulica y Sanitaria. PTARA-EF-01-16
1.3.2.2.1.3.1.17	Edificio de Servicios. Cancelería. PTARA-EF-01-17
1.3.2.2.1.3.1.18	Edificio de Servicios. Planta Cortes y Detalles de Cimentación. PTARA-EF-01-18
1.3.2.2.1.3.1.19	Edificio de Servicios. Bases para Equipos. Planta. PTARA-EF-01-19
1.3.2.2.1.3.1.20	Edificio de Servicios. Bases para Equipos. Cortes y Detalles. PTARA-EF-01-20
1.3.2.2.1.3.1.21	Edificio de Servicios. Estructuración de Muros PTARA-EF-01-21
1.3.2.2.1.3.1.22	Edificio de Servicios. Planta Cortes y Detalles Estructuración PTARA-EF-01-22
1.3.2.2.1.3.1.23	Edificio de Cloración. Planta y Cortes Arquitectónicos. PTARA-EF-01-42
1.3.2.2.1.3.1.24	Edificio de Cloración. Fachadas Arquitectónicas. PTARA-EF-01-43
1.3.2.2.1.3.1.25	Edificio de Cloración. Planta y Cortes de Acabados. PTARA-EF-01-44
1.3.2.2.1.3.1.26	Edificio de Cloración Cancelería. PTARA-EF-01-45
1.3.2.2.1.3.1.27	Edificio de Cloración Bases para Equipos. Planta. PTARA-EF-01-46
1.3.2.2.1.3.1.28	Edificio de Cloración. Bases para Equipos. Cortes y Detalles. PTARA-EF-01-47
1.3.2.2.1.3.1.29	Edificio de Cloración. Estructuración de Muros PTARA-EF-01-48
1.3.2.2.1.3.1.30	Edificio de Cloración. Planta Cortes y Detalles Estructuración PTARA-EF-01-49
1.3.2.2.1.3.1.31	Caseta de Vigilancia Planta Cortes y Fachadas Arquitectónicas. PTARA-EF-01-50
1.3.2.2.1.3.1.32	Caseta de Vigilancia Acabados y Cancelería Plantas Cortes PTARA-EF-01-51
1.3.2.2.1.3.1.33	Caseta de Vigilancia Instalación Hidráulica y Sanitada. PTARA-EF-01-52
1.3.2.2.1.3.1.34	Caseta de Vigilancia. Instalación HVAC Plantas y Cortes. PTARA-EF-01-53
1.3.2.2.1.3.1.35	Caseta de Vigilancia. Cimentación y Muros. Planta Cortes y Detalles. PTARA-EF-01-54
1.3.2.2.1.3.1.36	Caseta de Vigilancia Estructuración Losa de Azotea Planta Cortes PTARA-EF-01-55
1.3.2.2.1.4	Ingeniería Mecánica
1.3.2.2.1.4.1	Planos
1.3.2.2.1.4.1.1	Dibujo de detalle Cribas Gruesas PTARA-D-X-01
1.3.2.2.1.4.1.2	Dibujo de detalle Transportador de Basuras PTARA-D-X-02
1.3.2.2.1.4.1.3	Dibujo de detalle Cribas Finas PTARA-D-X-03
1.3.2.2.1.4.1.4	Dibujo de detalle Transportador de sólidos PTARA-D-X-04
1.3.2.2.1.4.1.5	Dibujo de detalle Clasificador/Lavador de Arenas PTARA-D-X-05
1.3.2.2.1.4.1.6	Dibujo de detalle Bomba de Agua Sobrenadantes PTARA-D-X-06
1.3.2.2.1.4.1.7	Dibujo de detalle Bomba de Alimentación a Reactores PTARA-D-X-07
1.3.2.2.1.4.1.8	Dibujo de detalle Bomba de Recirculación de Lodos PTARA-D-X-08
1.3.2.2.1.4.1.9	Dibujo de detalle Bombas de Agua de Servicios PTARA-D-X-09
1.3.2.2.1.4.1.10	Dibujo de detalle Soplador Centrifugo PTARA-D-X-10
1.3.2.2.1.4.1.11	Dibujo de detalle Soplador Lobular PTARA-D-X-11
1.3.2.2.1.4.1.12	Dibujo de detalle Equipo Clorador PTARA-D-X-12
1.3.2.2.1.4.1.13	Dibujo de detalle Bomba para Lodos Químicos PTARA-D-X-13
1.3.2.2.1.4.1.14	Dibujo de detalle Bomba para Lodos Primarios PTARA-D-X-14
1.3.2.2.1.4.1.15	Dibujo de detalle Bomba para Lodos Espesados PTARA-D-X-15
1.3.2.2.1.4.1.16	Dibujo de detalle Sopladores de Biogás PTARA-D-X-16
1.3.2.2.1.4.1.17	Dibujo de detalle Bombas de Mezclado PTARA-D-X-17
1.3.2.2.1.4.1.18	Dibujo de detalle Bomba de Agua de Calentamiento PTARA-D-X-18

1.3.2.2.1.4.1.19	Dibujo de detalle Bomba de Recirculación de Agua PTARA-D-X-19
1.3.2.2.1.4.1.20	Dibujo de detalle Calentador PTARA-D-X-20
1.3.2.2.1.4.1.21	Dibujo de detalle Filtro Banda PTARA-D-X-21
1.3.2.2.1.4.1.22	Dibujo de detalle Transportador de Lodo Deshidratado PTARA-D-X-22
1.3.2.2.1.4.1.23	Dibujo de detalle Planta de Preparación de Polímero PTARA-D-X-23
1.3.2.2.1.4.2	Memorias de Cálculo
1.3.2.2.1.4.2.1	Memoria de Cálculo Cribas Gruesas PTARA-MC-X-01
1.3.2.2.1.4.2.2	Memoria de Cálculo Transportador de Basuras PTARA-MC-X-02
1.3.2.2.1.4.2.3	Memoria de Cálculo Cribas Finas PTARA-MC-X-03
1.3.2.2.1.4.2.4	Memoria de Cálculo Transportador de sólidos PTARA-MC-X-04
1.3.2.2.1.4.2.5	Memoria de Cálculo Clasificador/Lavador de Arenas PTARA-MC-X-05
1.3.2.2.1.4.2.6	Memoria de Cálculo Bomba de Agua Sobrenadantes PTARA-MC-X-06
1.3.2.2.1.4.2.7	Memoria de Cálculo Bomba de Alimentación a Reactores PTARA-MC-X-07
1.3.2.2.1.4.2.8	Memoria de Cálculo Bomba de Recirculación de Lodos PTARA-MC-X-08
1.3.2.2.1.4.2.9	Memoria de Cálculo Bombas de Agua de Servicios PTARA-MC-X-09
1.3.2.2.1.4.2.10	Memoria de Cálculo Soplador Centrifugo PTARA-MC-X-10
1.3.2.2.1.4.2.11	Memoria de Cálculo Soplador Lobular PTARA-MC-X-11
1.3.2.2.1.4.2.12	Memoria de Cálculo Equipo Clorador PTARA-MC-X-12
1.3.2.2.1.4.2.13	Memoria de Cálculo Bomba para Lodos Químicos PTARA-MC-X-13
1.3.2.2.1.4.2.14	Memoria de Cálculo Bomba para Lodos Primarios PTARA-MC-X-14
1.3.2.2.1.4.2.15	Memoria de Cálculo Bomba para Lodos Espesados PTARA-MC-X-15
1.3.2.2.1.4.2.16	Memoria de Cálculo Sopladores de Biogás PTARA-MC-X-16
1.3.2.2.1.4.2.17	Memoria de Cálculo Bombas de Mezclado PTARA-MC-X-17
1.3.2.2.1.4.2.18	Memoria de Cálculo Bomba de Agua de Calentamiento PTARA-MC-X-18
1.3.2.2.1.4.2.19	Memoria de Cálculo Bomba de Recirculación de Agua PTARA-MC-X-19
1.3.2.2.1.4.2.20	Memoria de Cálculo Calentador PTARA-MC-X-20
1.3.2.2.1.4.2.21	Memoria de Cálculo Filtro Banda PTARA-MC-X-21
1.3.2.2.1.4.2.22	Memoria de Cálculo Transportador de Lodo Deshidratado PTARA-MC-X-22
1.3.2.2.1.4.2.23	Memoria de Cálculo Planta de Preparación de Polímero PTARA-MC-X-23
1.3.2.2.1.4.3	Hojas de Datos
1.3.2.2.1.4.3.1	Hoja de Datos Cribas Gruesas PTARA-HD-X-01
1.3.2.2.1.4.3.2	Hoja de Datos Transportador de Basuras PTARA-HD-X-02
1.3.2.2.1.4.3.3	Hoja de Datos Cribas Finas PTARA-HD-X-03
1.3.2.2.1.4.3.4	Hoja de Datos Transportador de sólidos PTARA-HD-X-04
1.3.2.2.1.4.3.5	Hoja de Datos Clasificador/Lavador de Arenas PTARA-HD-X-05
1.3.2.2.1.4.3.6	Hoja de Datos Bomba de Agua Sobrenadantes PTARA-HD-X-06
1.3.2.2.1.4.3.7	Hoja de Datos Bomba de Alimentación a Reactores PTARA-HD-X-07
1.3.2.2.1.4.3.8	Hoja de Datos Bomba de Recirculación de Lodos PTARA-HD-X-08
1.3.2.2.1.4.3.9	Hoja de Datos Bombas de Agua de Servicios PTARA-HD-X-09
1.3.2.2.1.4.3.10	Hoja de Datos Soplador Centrifugo PTARA-HD-X-10
1.3.2.2.1.4.3.11	Hoja de Datos Soplador Lobular PTARA-HD-X-11

1.3.2.2.1.4.3.12	Hoja de Datos Equipo Clorador PTARA-HD-X-12
1.3.2.2.1.4.3.13	Hoja de Datos Bomba para Lodos Químicos PTARA-HD-X-13
1.3.2.2.1.4.3.14	Hoja de Datos Bomba para Lodos Primarios PTARA-HD-X-14
1.3.2.2.1.4.3.15	Hoja de Datos Bomba para Lodos Espesados PTARA-HD-X-15
1.3.2.2.1.4.3.16	Hoja de Datos Sopladores de Biogás PTARA-HD-X-16
1.3.2.2.1.4.3.17	Hoja de Datos Bombas de Mezclado PTARA-HD-X-17
1.3.2.2.1.4.3.18	Hoja de Dates Bomba de Agua de Calentamiento PTARA-HD-X-18
1.3.2.2.1.4.3.19	Hoja de Datos Bomba de Recirculación de Agua PTARA-HD-X-19
1.3.2.2.1.4.3.20	Hoja de Datos Calentador PTARA-HD-X-20
1.3.2.2.1.4.3.21	Hoja de Datos Filtro Banda PTARA-HD-X-21
1.3.2.2.1.4.3.22	Hoja de Datos Transportador de Lodo Deshidratado PTARA-HD-X-22
1.3.2.2.1.4.3.23	Hoja de Datos Planta de Preparación de Polímero PTARA-HD-X-23
1.3.2.2.1.4.4	Listas
1.3.2.2.1.4.4.1	Lista de boquillas PTARA-LB-X-01
1.3.2.2.1.5	Ingeniería de Tuberías e Instrumentación
1.3.2.2.1.5.1	Planos
1.3.2.2.1.5.1.1	Arreglo de Tuberías. Cuarto de Sopladores. Planta y Cortes PTARA-B-01-10
1.3.2.2.1.5.1.2	Arreglo de Tuberías. Cuarto de Sopladores. Soportería PTARA-B-01-11
1.3.2.2.1.5.1.3	Arreglo de Tuberías. Cuarto de Cloración. Planta & Elevación PTARA-B-01-12
1.3.2.2.1.5.1.4	Arreglo de Tuberías Distribución Agua de Servicios. PTARA-B-01-13
1.3.2.2.1.5.1.5	Arreglo de Tuberías. Canal de Contacto de Cloro. Planta y Cortes PTARA-B-01-14
1.3.2.2.1.5.1.6	Arreglo de Tuberías Filtrado de Lodos Planta PTARA-B-01-15
1.3.2.2.1.5.1.7	Arreglo de Tuberías Filtrado de Lodos. Elevaciones PTARA-B-01-16
1.3.2.2.1.5.2	Especificaciones
1.3.2.2.1.5.2.1	Especificaciones de tubería Cárcamo de Aguas Crudas. PTARA-ESP-B-01
1.3.2.2.1.5.2.2	Especificaciones de tubería Reactor de Lodos Activados. T-703 PTARA-ESP-B-02
1.3.2.2.1.5.2.3	Especificaciones de tubería Reactor de Lodos Activados. T-706 PTARA-ESP-B-03
1.3.2.2.1.5.2.4	Especificaciones de tubería Digestor de Lodos PTARA-ESP-B-04
1.3.2.2.1.5.2.5	Especificaciones de tubería Bombas de Lavado, Cloro y Serv. PTARA-ESP-B-05
1.3.2.2.1.5.2.6	Especificaciones de tubería de AIRE PTARA-ESP-B-06
1.3.2.2.1.5.2.7	Especificaciones de tubería de WAS y Mesa Espesadora PTARA-ESP-B-07
1.3.2.2.1.5.2.8	Especificaciones de tubería de RACK PTARA-ESP-B-08
1.3.2.2.1.5.2.9	Especificaciones de tubería Soportes y Abrazaderas PTARA-ESP-B-09
1.3.2.2.2	Evaluación PDRI.
1.3.2.2.3	Acreditación de la fase de conceptualización.
1.3.3	Actividades de procura temprana.
1.3.3.1	Análisis del libro de ingeniería.
1.3.3.2	Revisión de catálogos de conceptos/partidas.
1.3.3.3	Identificación de proveedores.
1.3.3.4	Elaboración y envío de solicitudes de cotización (Con especificaciones).
1.3.3.5	Análisis de cotizaciones (método "Best Price").

1.3.3.6	Elaboración y envío de órdenes de compra.
1.3.3.7	Pago según lo acordado con el proveedor.
1.3.3.8	Inspección de los conceptos en taller.
1.3.3.9	Entrega de los conceptos en campo.
1.3.3.10	Inspección de los conceptos en campo.
1.3.3.11	Registro de los artículos.
1.3.3.12	Registro de la operación de compra.
1.3.4	Etapa de definición
1.3.4.1	FEL III
1.3.4.1.1	Ingeniería de Detalle
1.3.4.1.1.1	Ingeniería de Proceso
1.3.4.1.1.1.1	Planos
1.3.4.1.1.1.1.1	Plano de notas generales, leyenda y símbolos.
1.3.4.1.1.1.1.2	Diagrama de tubería e instrumentación de proceso.
1.3.4.1.1.1.1.3	Diagrama de tubería e instrumentación de servicios auxiliares.
1.3.4.1.1.1.1.4	Diagrama de tubería e instrumentación de sistema de desfogues.
1.3.4.1.1.1.2	Hojas de Datos
1.3.4.1.1.1.2.1	Hojas de datos de equipos de proceso (en conjunto con IE,IC,IM,ITel.).
1.3.4.1.1.1.3	Listas
1.3.4.1.1.1.3.1	Sumario y descripción de los efluentes y emisiones y emisiones incluyendo procedimientos de disposición.
1.3.4.1.1.1.3.2	Lista de líneas de servicios auxiliares desfogues y contra incendio.
1.3.4.1.1.1.4	Especificaciones
1.3.4.1.1.1.4.1	Requerimientos de servicios auxiliares.
1.3.4.1.1.1.4.2	Requerimientos de agentes químicos y/o biológicos.
1.3.4.1.1.1.4.3	Especificaciones de equipo de proceso.
1.3.4.1.1.1.4.4	Especificaciones generales y prácticas de ingeniería.
1.3.4.1.1.1.4.5	Especificación de equipos del paquete de proceso.
1.3.4.1.1.1.4.6	Especificación del sistema de desfogues.
1.3.4.1.1.1.5	Maqueta electrónica en 3D (en conjunto con tubería e instrumentación).
1.3.4.1.1.1.6	Filosofía básica de operación.
1.3.4.1.1.2	Ingeniería Eléctrica
1.3.4.1.1.2.1	Planos
1.3.4.1.1.2.1.1	Plano de clasificación de áreas.
1.3.4.1.1.2.1.2	Sistema general de fuerza.
1.3.4.1.1.2.1.3	Sistema de alimentación eléctrica e instrumentos y cédulas de conductores.
1.3.4.1.1.2.1.4	Arreglo de equipo eléctrico en subestación.
1.3.4.1.1.2.1.5	Plano de alumbrado general y por secciones.
1.3.4.1.1.2.1.6	Diagrama de control eléctrico.
1.3.4.1.1.2.1.7	Coordinación de protectores.
1.3.4.1.1.2.1.8	Sistema general de tierras y para rayos.
1.3.4.1.1.2.2	Memorias de Cálculo

1.3.4.1.1.2.2.1	Estudio de resistividad eléctrica.
1.3.4.1.1.2.3	Listas
1.3.4.1.1.2.3.1	Cedulas de conductores y arreglos de ductos.
1.3.4.1.1.2.4	Especificaciones
1.3.4.1.1.2.4.1	Especificaciones de cable (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.2.4.2	Especificaciones de material eléctrico (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.3	Ingeniería Civil
1.3.4.1.1.3.1	Planos
1.3.4.1.1.3.1.1	Proyecto arquitectónico de edificaciones dentro de L.B.
1.3.4.1.1.3.2	Especificaciones
1.3.4.1.1.3.2.1	Especificaciones de drenajes y pavimentos.
1.3.4.1.1.3.2.2	Especificaciones de plataformas y escaleras en edificios y equipos.
1.3.4.1.1.3.2.3	Especificaciones de marcos de soporteria para tubería.
1.3.4.1.1.3.2.4	Especificaciones de soportes de ductos eléctricos.
1.3.4.1.1.3.2.5	Especificaciones de cobertizos o techumbres para tubería.
1.3.4.1.1.3.2.6	Especificaciones de materiales para construcción (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.3.2.7	Especificaciones del montaje de los materiales de construcción.
1.3.4.1.1.3.2.8	Especificaciones de pruebas no destructivas para soldaduras.
1.3.4.1.1.3.2.9	Especificación de fabricación de accesorios para construcción (Anclas).
1.3.4.1.1.3.2.10	Especificaciones de materiales de cimentación y estructura (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.3.2.11	Especificaciones de colocación de concreto.
1.3.4.1.1.3.2.12	Especificaciones de accesorios para reforzar la construcción.
1.3.4.1.1.3.2.13	Especificaciones de aditivos para concreto.
1.3.4.1.1.3.2.14	Especificaciones para pavimento.
1.3.4.1.1.3.2.15	Especificaciones Grout.
1.3.4.1.1.3.2.16	Especificación particular para cada edificio dentro de L.B.
1.3.4.1.1.4	Ingeniería Mecánica
1.3.4.1.1.4.1	Planos
1.3.4.1.1.4.1.1	Planos constructivos de equipos mecánicos (estáticos y rotantes).
1.3.4.1.1.4.1.2	Planos constructivos de recipientes.
1.3.4.1.1.4.2	Listas
1.3.4.1.1.4.2.1	Lista de plataformas y escaleras en edificios y equipos.
1.3.4.1.1.4.3	Especificaciones
1.3.4.1.1.4.3.1	Especificación detallada y/o selección de modelos de equipos dinámicos.
1.3.4.1.1.4.3.2	Definición de arreglo mecánico en los edificios o equipos contenedores.
1.3.4.1.1.4.3.3	Especificación de plataformas y escaleras en edificios y equipos.
1.3.4.1.1.5	Ingeniería de Tuberías e Instrumentación.
1.3.4.1.1.5.1	Planos
1.3.4.1.1.5.1.1	Plano de sistema general de telecomunicaciones.
1.3.4.1.1.5.1.2	Diagramas lógicos de control.
1.3.4.1.1.5.1.3	Plano de localización de instrumentos en campo.

1.3.4.1.1.5.1.4	Plano de rutas y señales y detalles de interconexión.
1.3.4.1.1.5.2	Memorias de Cálculo
1.3.4.1.1.5.2.1	Dimensionamiento de curvas de expansión en rutas de tuberías, resortes y juntas de expansión.
1.3.4.1.1.5.2.2	Análisis de esfuerzo en líneas críticas.
1.3.4.1.1.5.3	Listas
1.3.4.1.1.5.3.1	Lista de apoyos para tuberías en recipientes.
1.3.4.1.1.5.4	Especificaciones
1.3.4.1.1.5.4.1	Especificaciones de tubería (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.5.4.2	Especificaciones de conexiones de tubería (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.5.4.3	Especificaciones de válvulas (Volumetría definitiva).
1.3.4.1.1.5.4.4	Especificaciones de aislamientos térmicos para tuberías y equipos.
1.3.4.1.1.5.4.5	Especificaciones de recubrimientos anticorrosivos y pinturas para tuberías y equipos.
1.3.4.1.1.5.4.6	Especificaciones de tablero de control.
1.3.4.1.1.5.4.7	Especificaciones típicas de instalación de instrumentos.
1.3.4.1.1.5.4.8	Especificaciones detalladas de instrumentos, válvulas de control y sistemas de control.
1.3.4.1.2	Evaluación PDRI.
1.3.4.1.3	Acreditación de fase de definición.
1.4	Cierre del proyecto

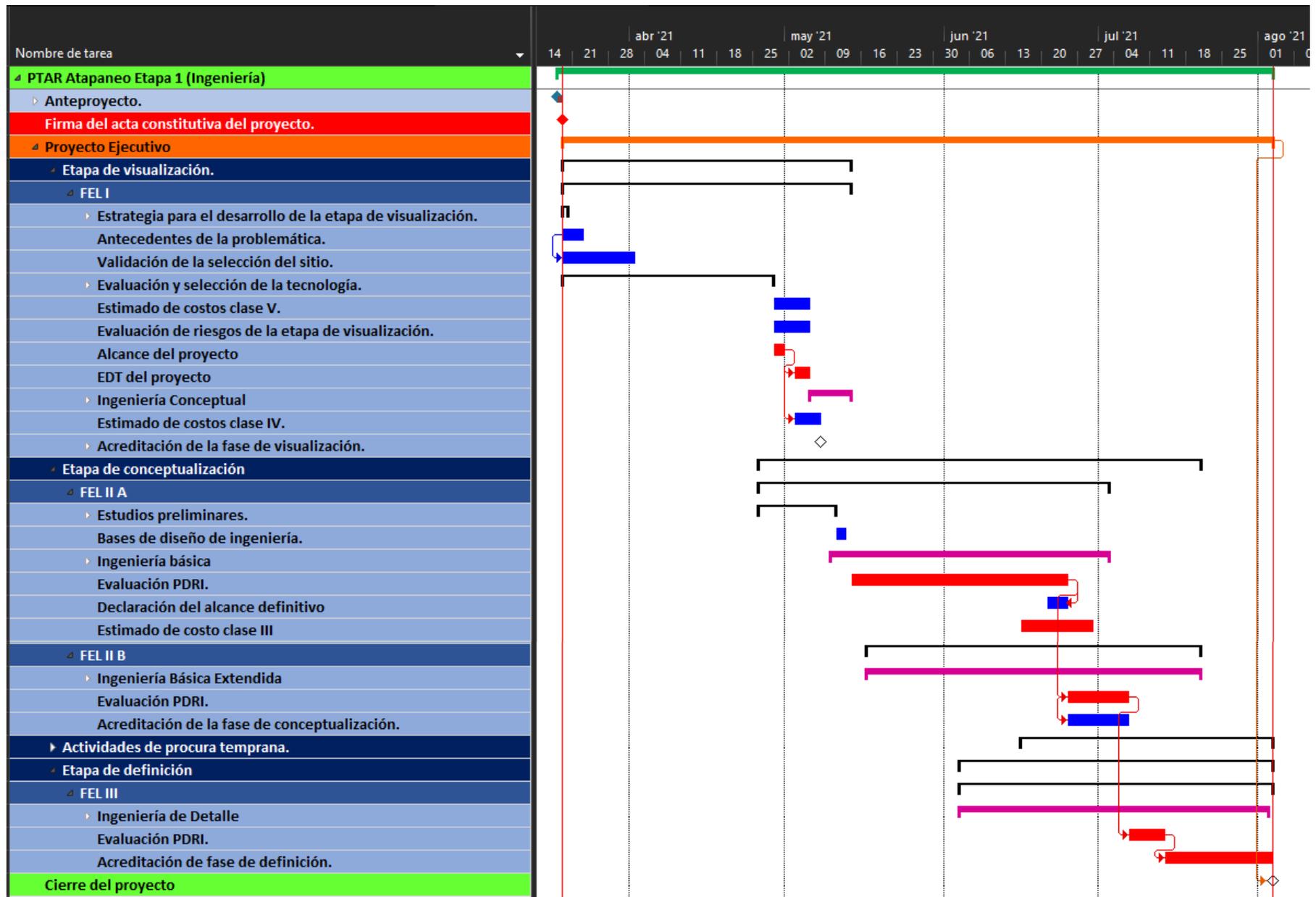
Programa general del proyecto.

El proyecto de diseño del tren de tratamiento, servicios auxiliares, edificios y obras externas de la PTAR Atapaneco se ha previsto para ser realizado en un plazo de 19.8 semanas (98 días), con fecha de inicio el 19 de marzo del 2021 y fecha de término el 03 de agosto de 2021.

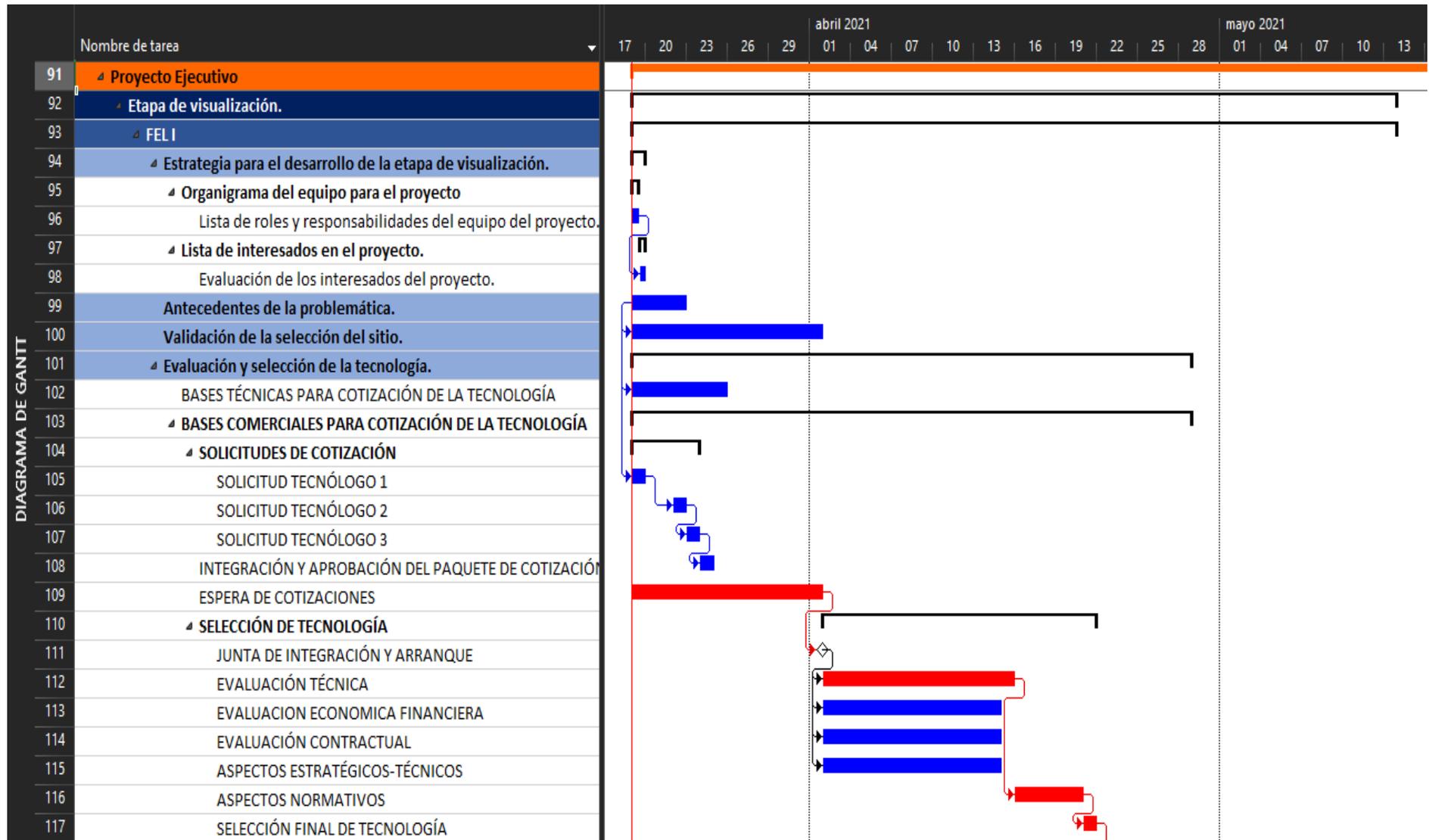
Hitos del proyecto.

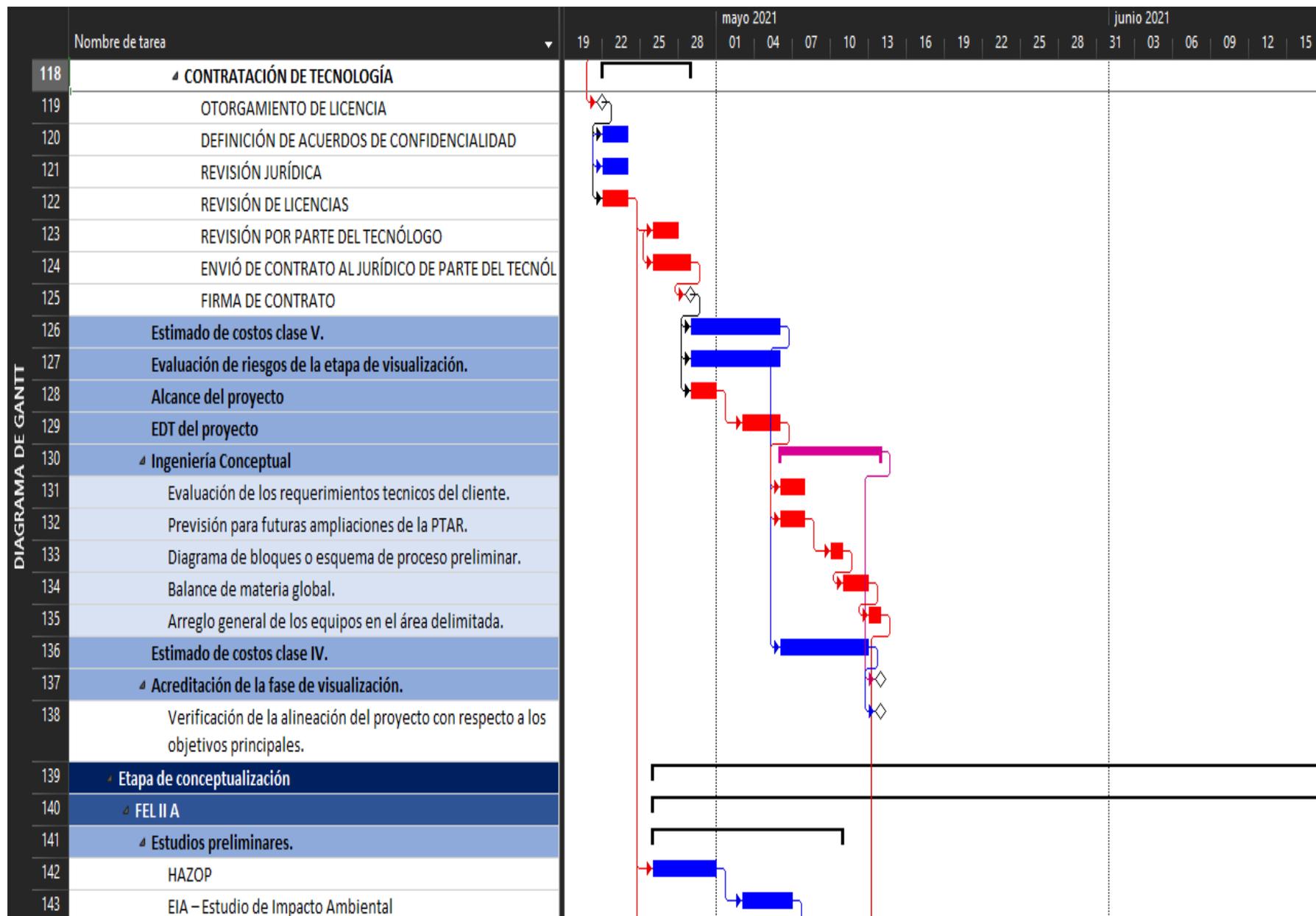
Descripción	Fecha
Firma del acta constitutiva	19-03-2021
Firma de contrato de tecnología	28-04-2021
Entrega de ingeniería conceptual y acreditación de fase de visualización	13-05-2021
Entrega de Ingeniería básica.	02-07-2021
Entrega de ingeniería básica extendida y acreditación de fase de conceptualización	20-07-2021
Envío de órdenes de compra de equipo crítico.	27-07-2021
Entrega de ingeniería de detalle.	02-08-2021
Acreditación de la fase de definición (Fin del proyecto).	03-08-2021

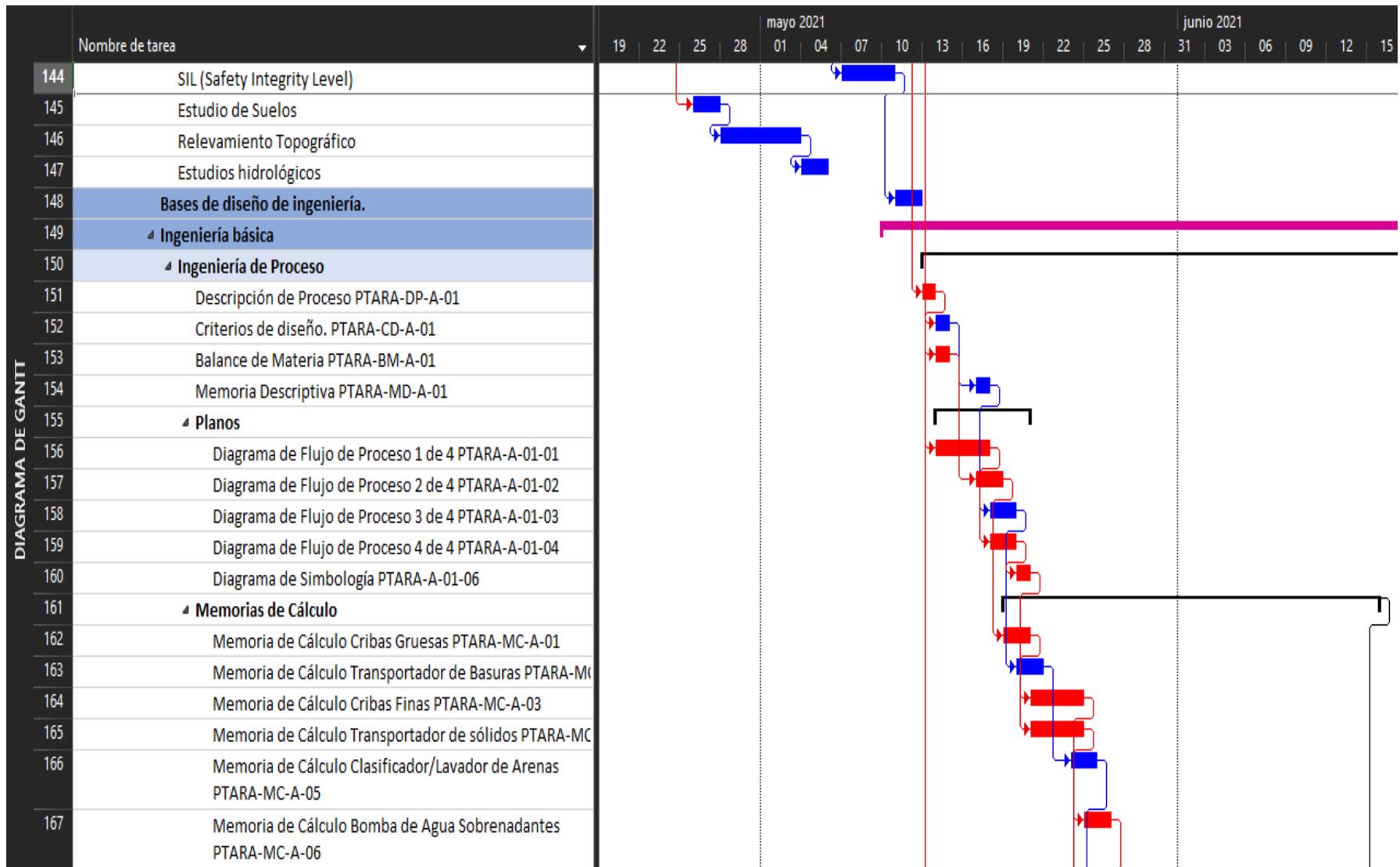
En las siguientes imágenes se podrá observar tanto el programa general del proyecto como las actividades críticas del proyecto marcadas en color rojo.

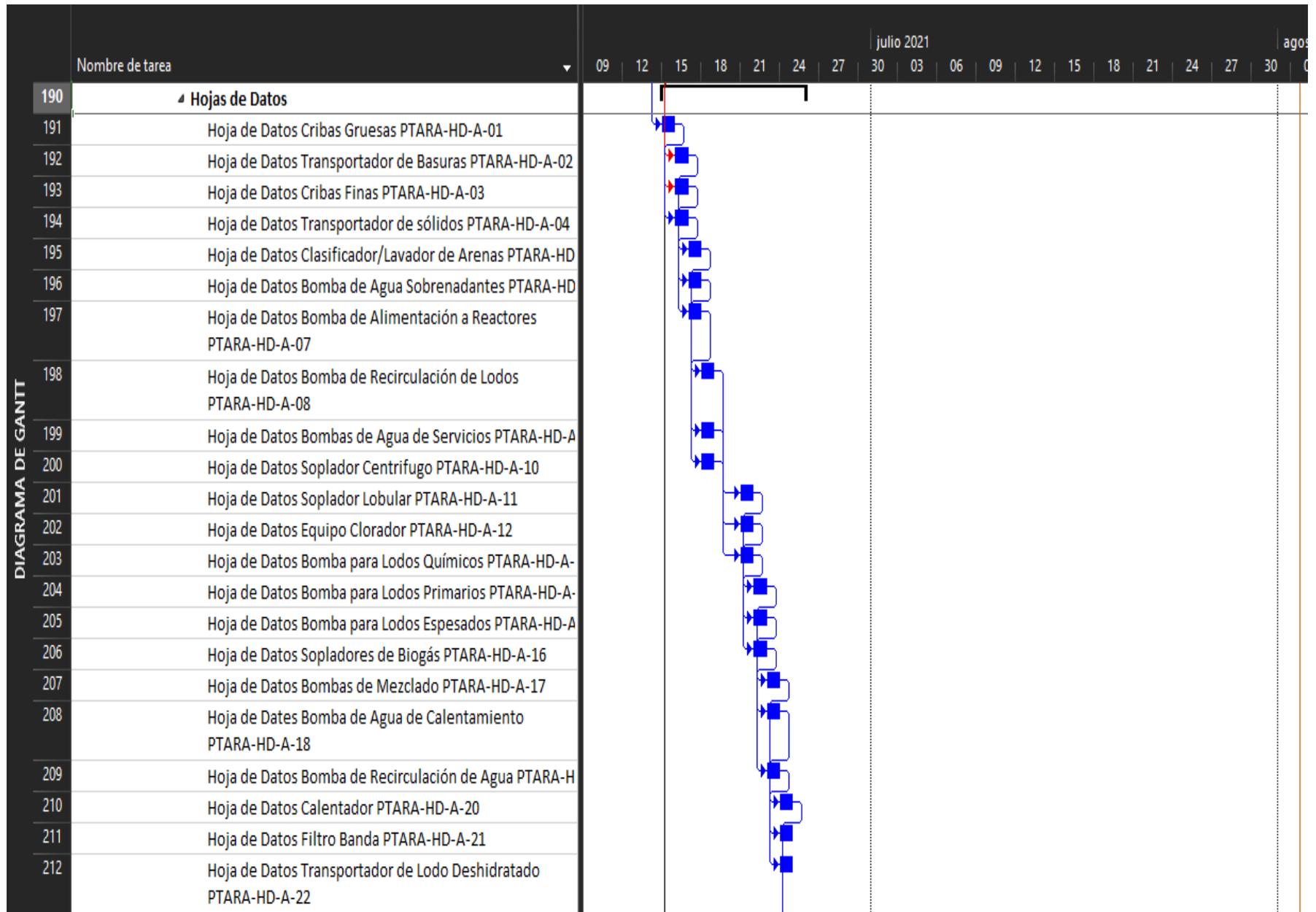


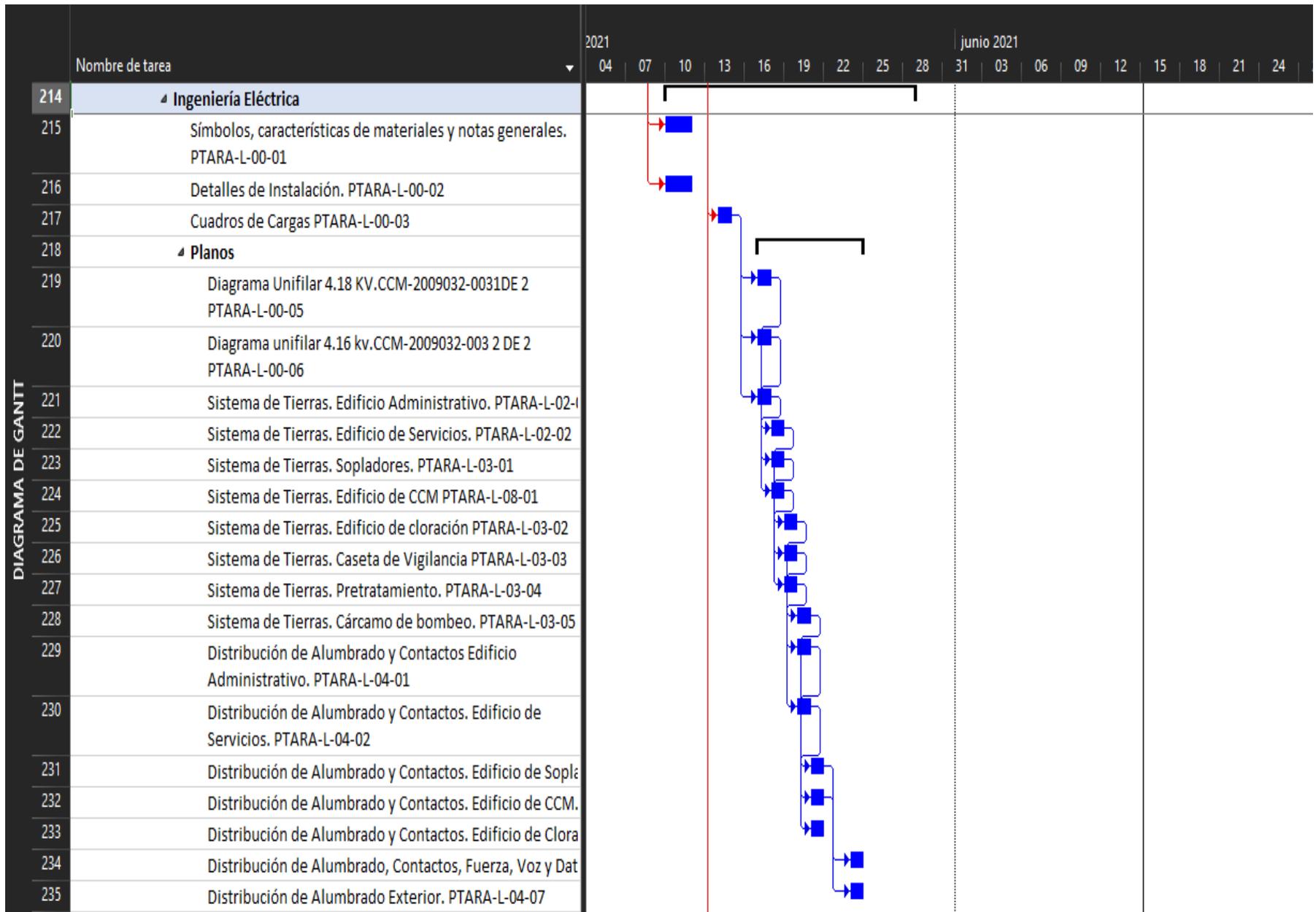
Ruta Crítica.

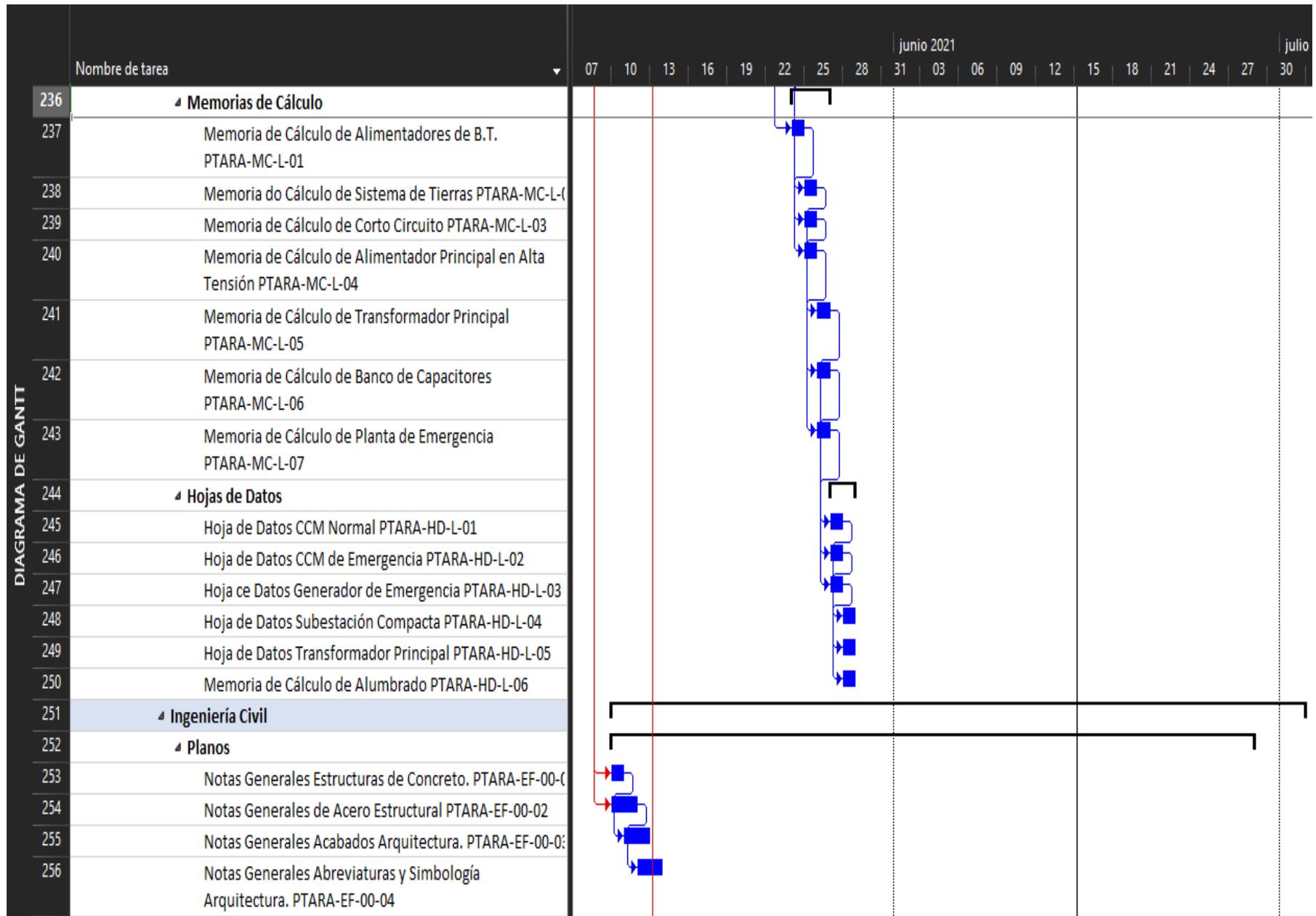


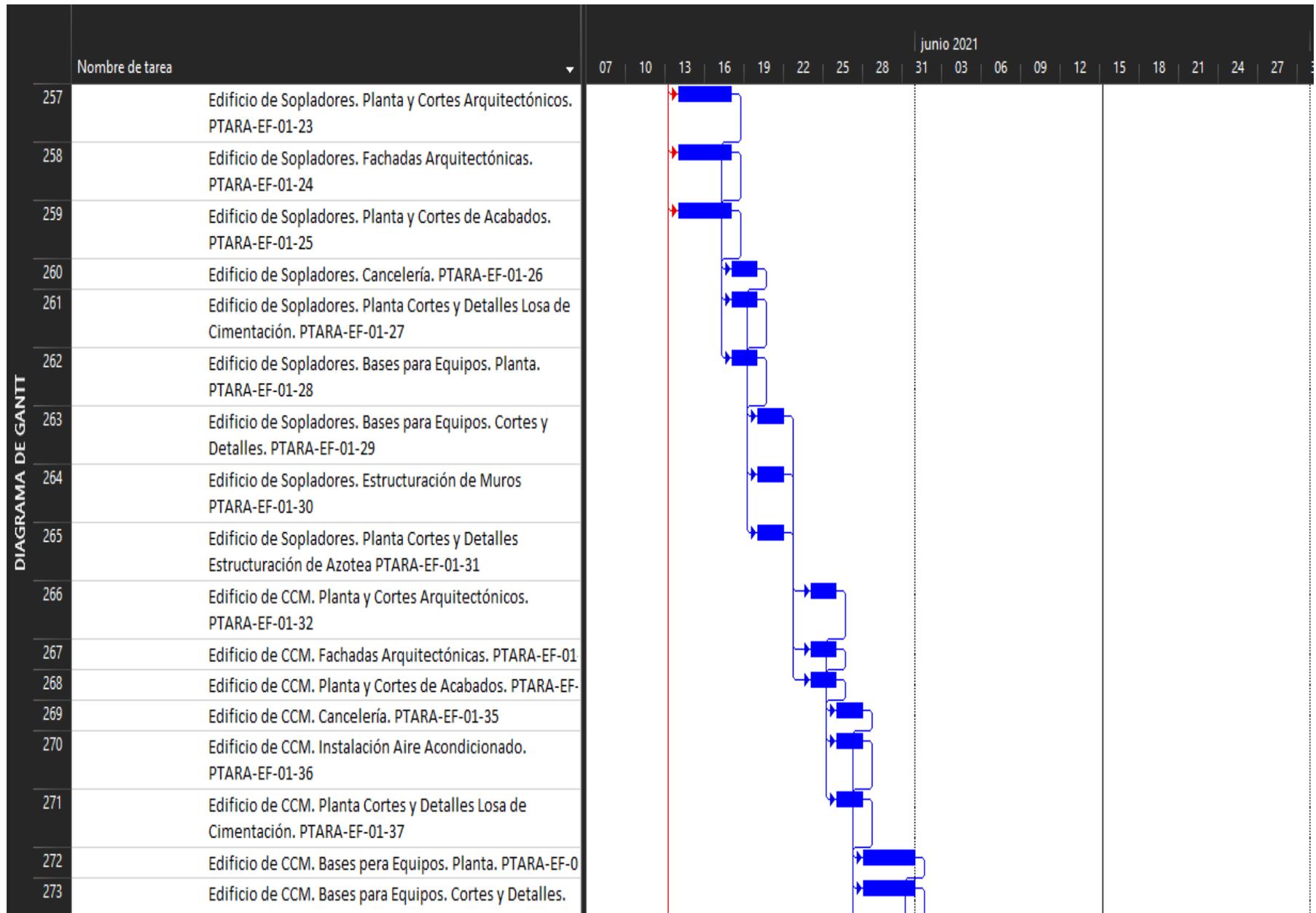


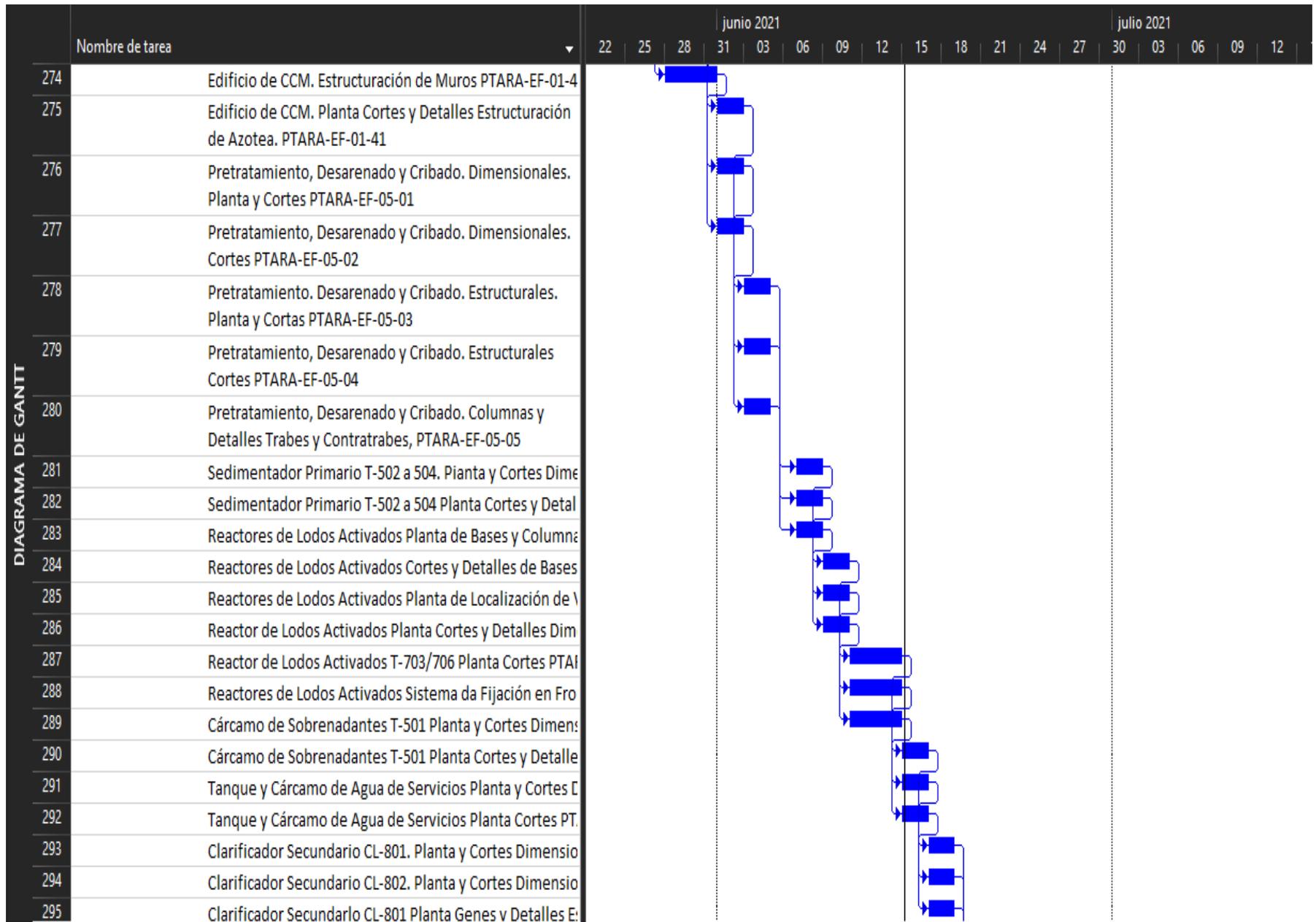


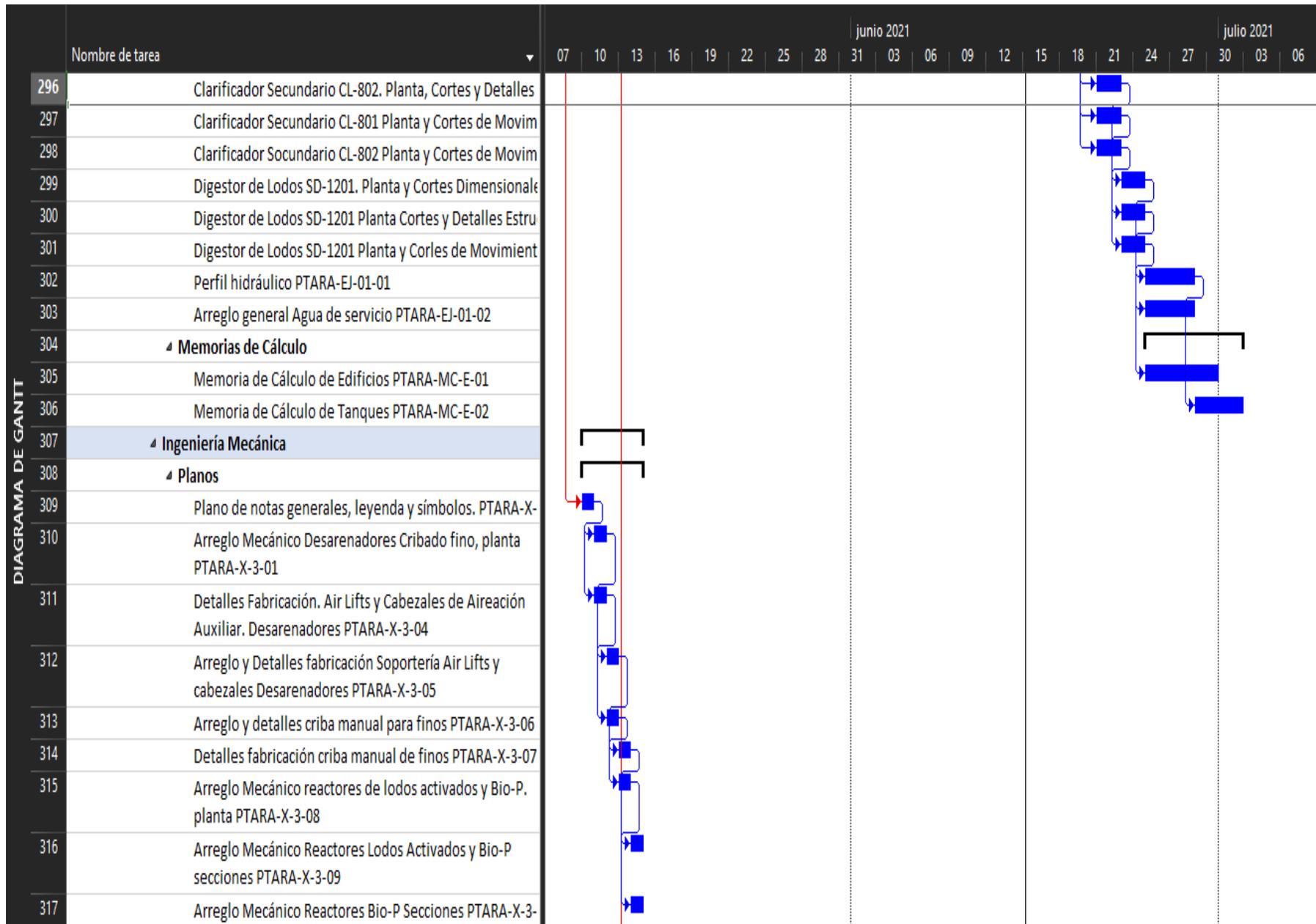


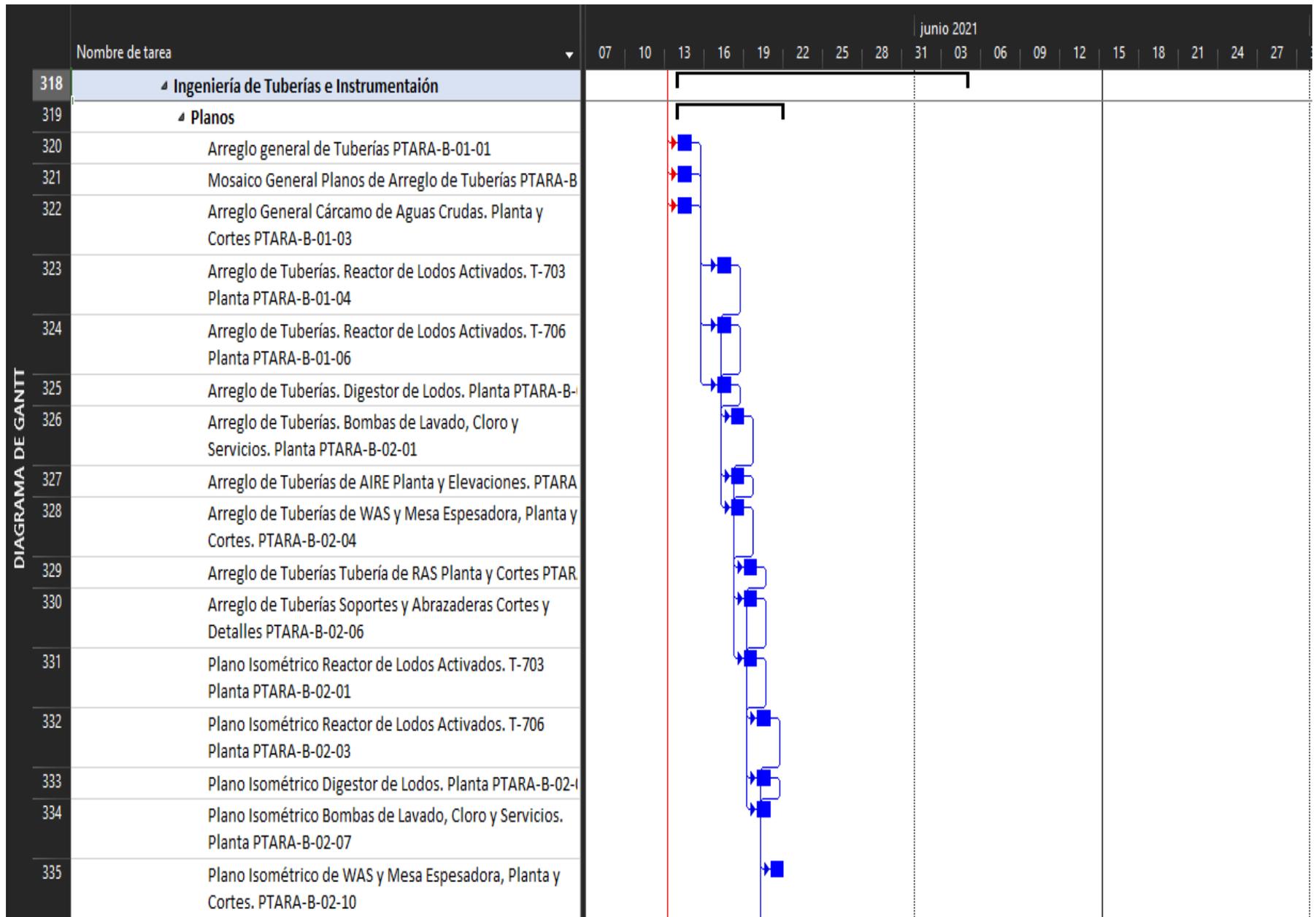


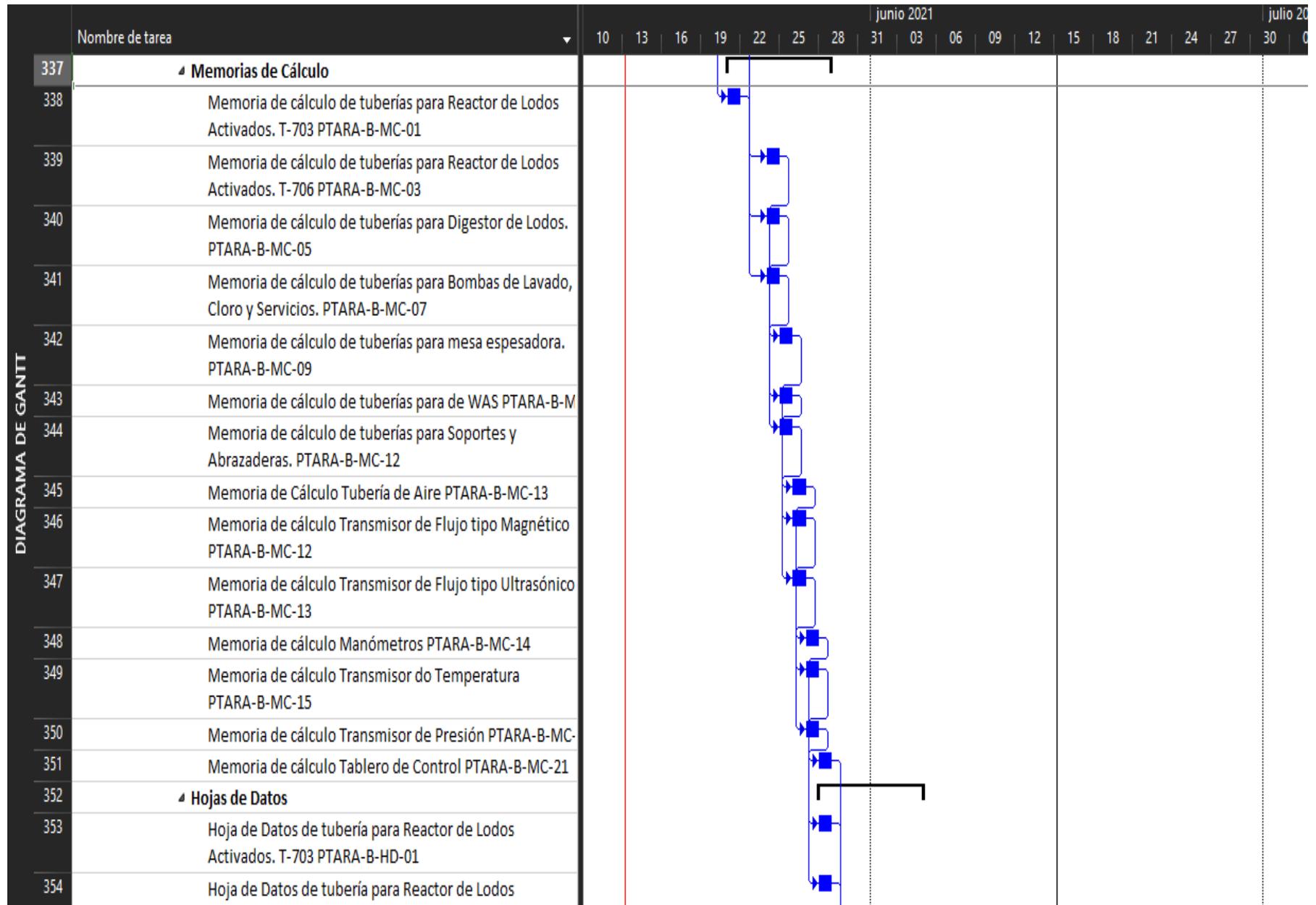


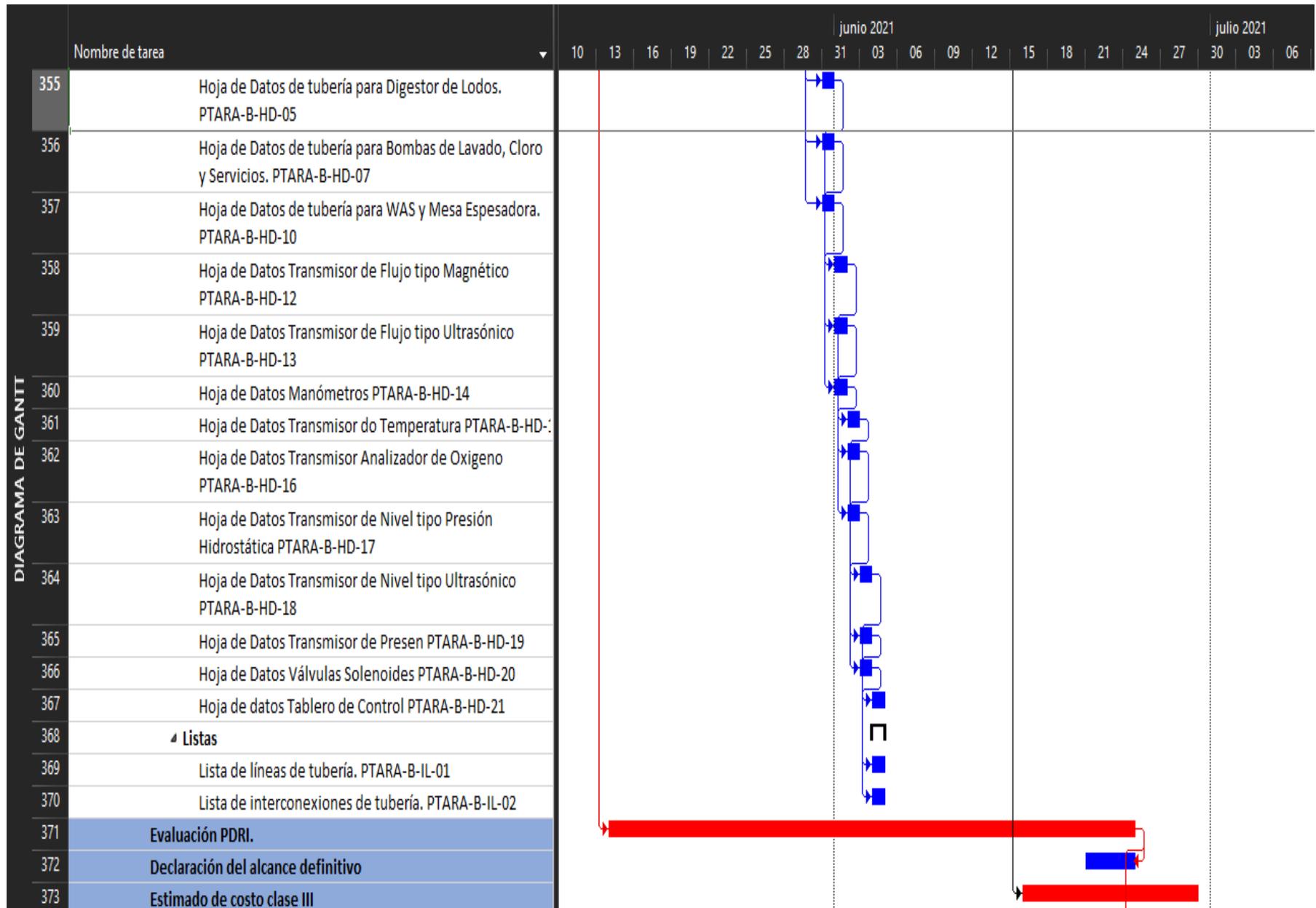


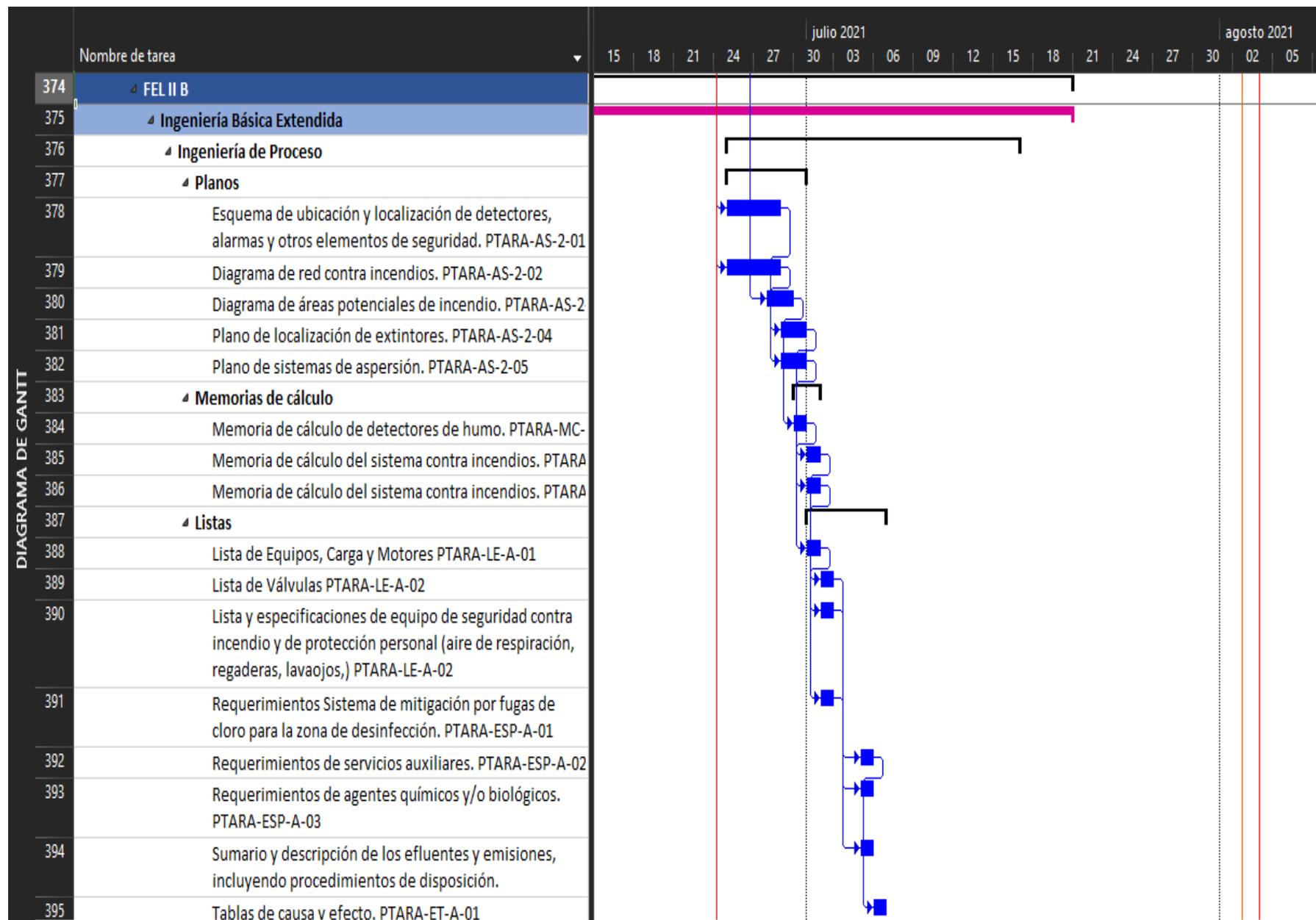


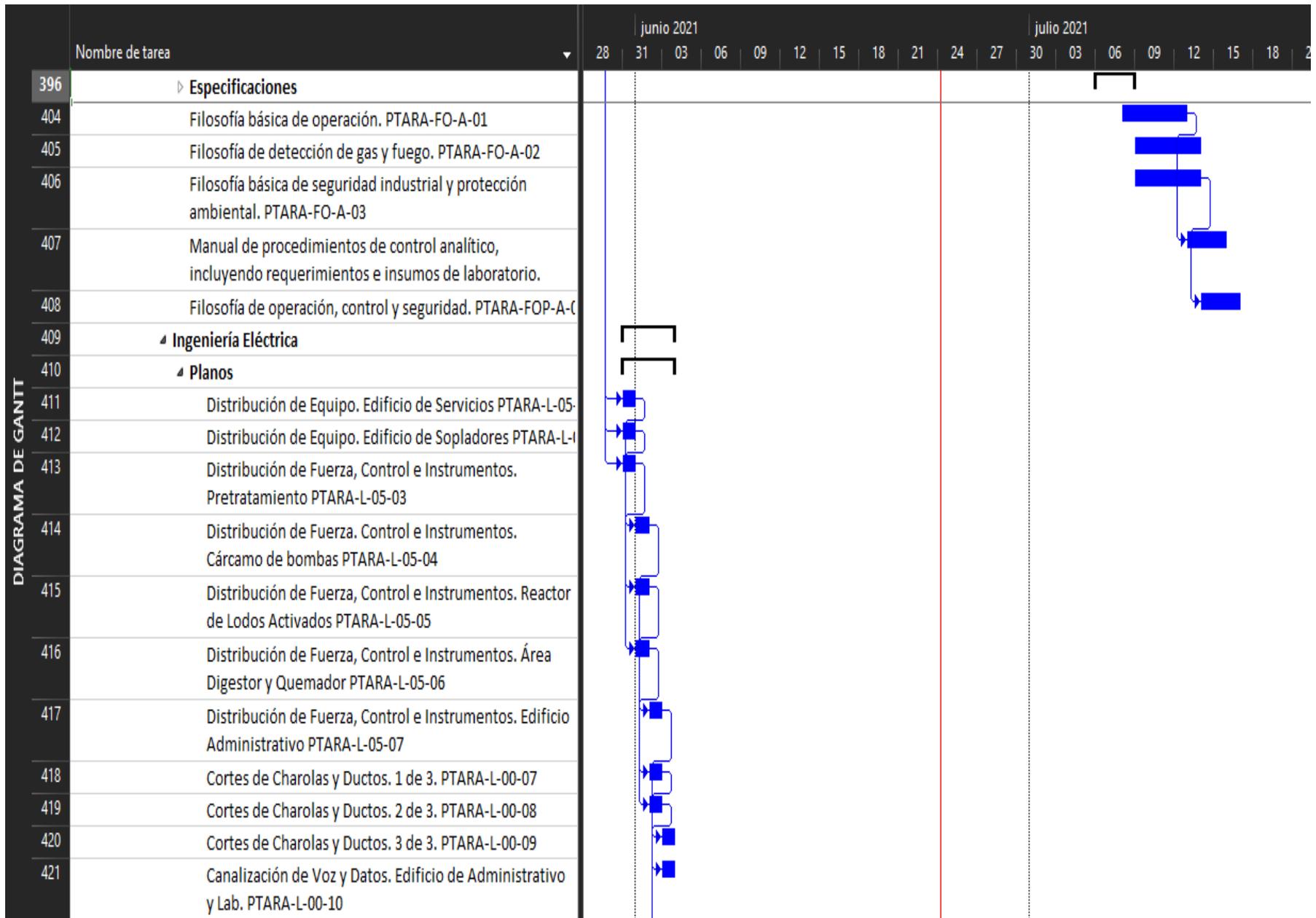


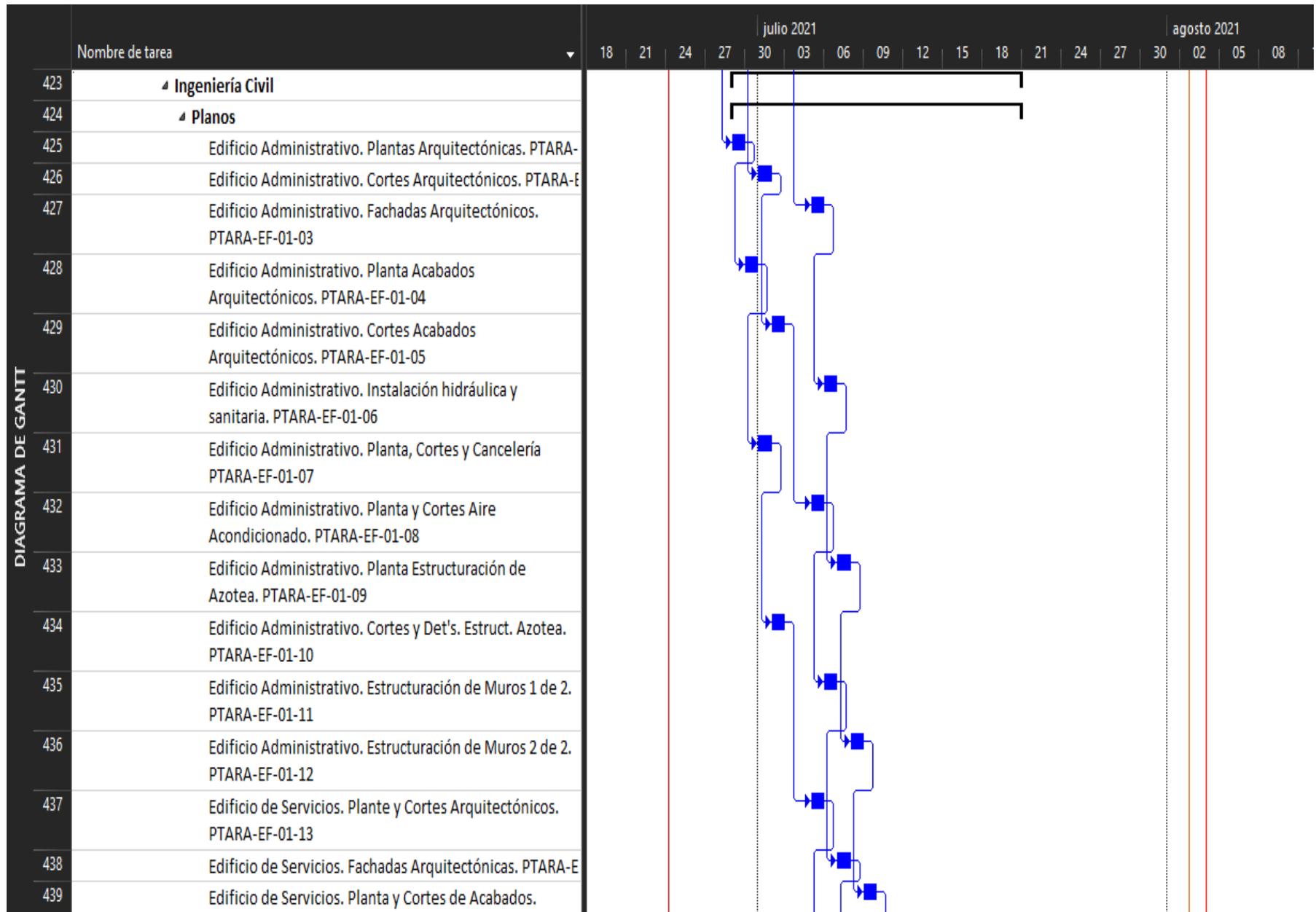


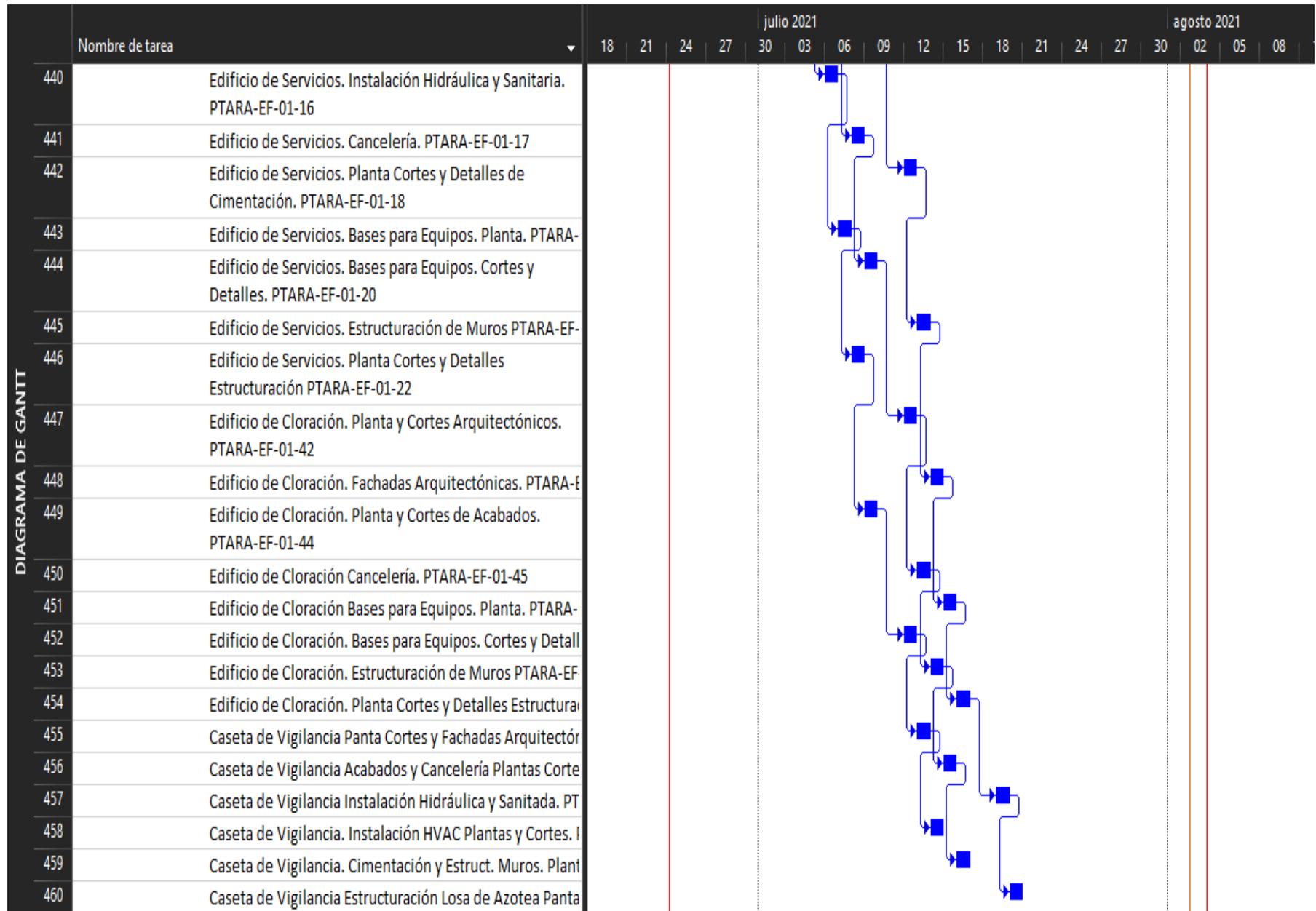


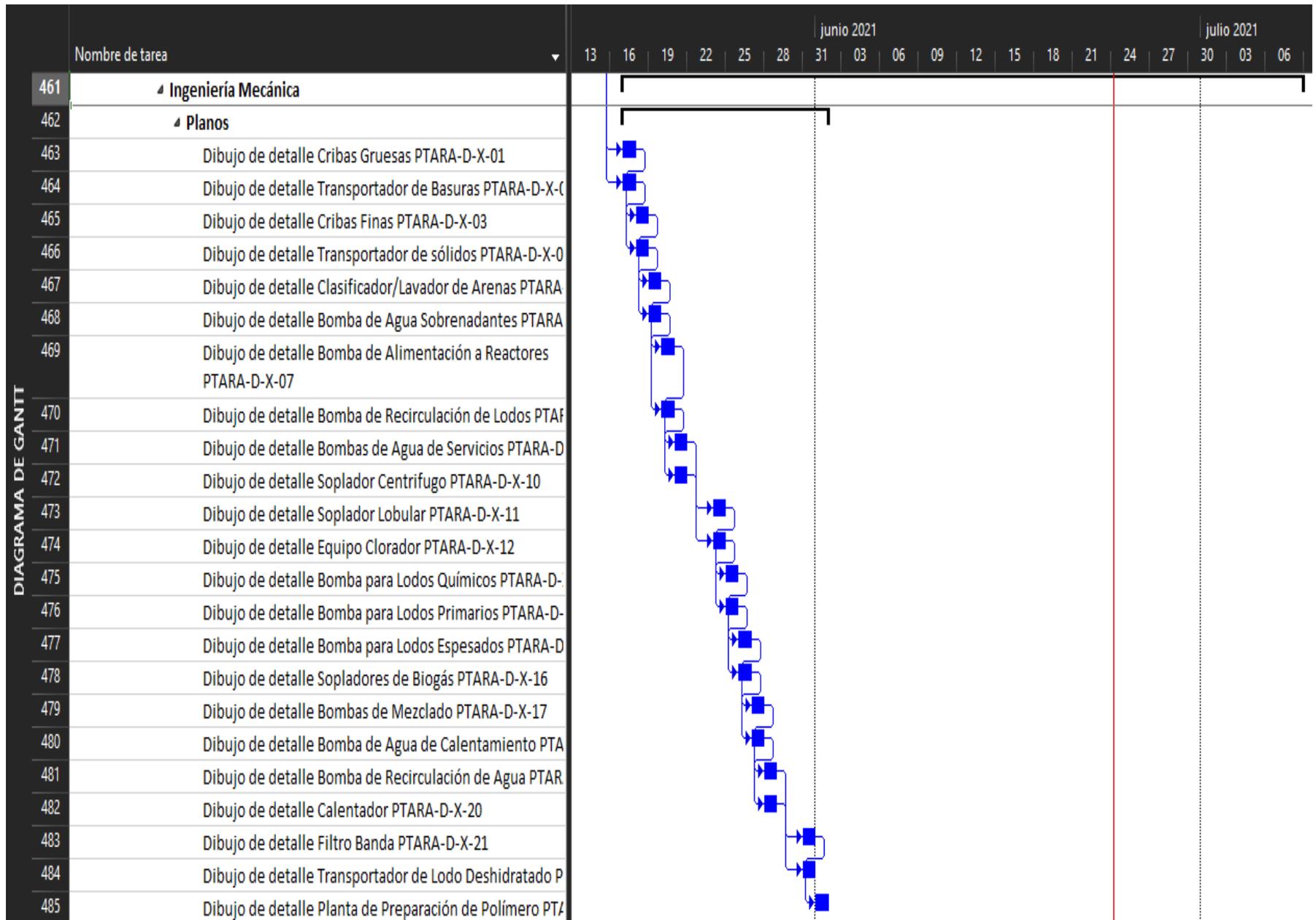


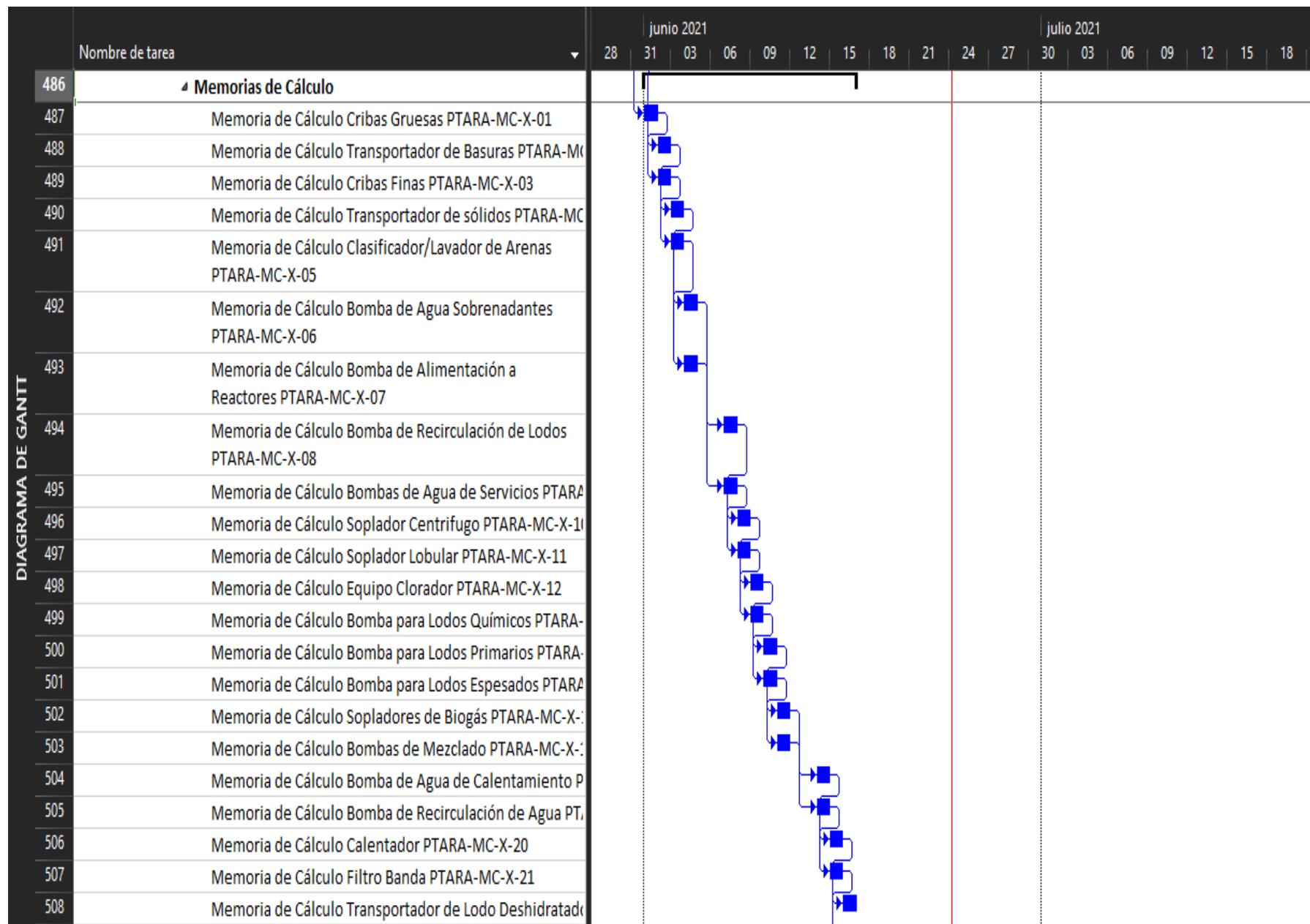


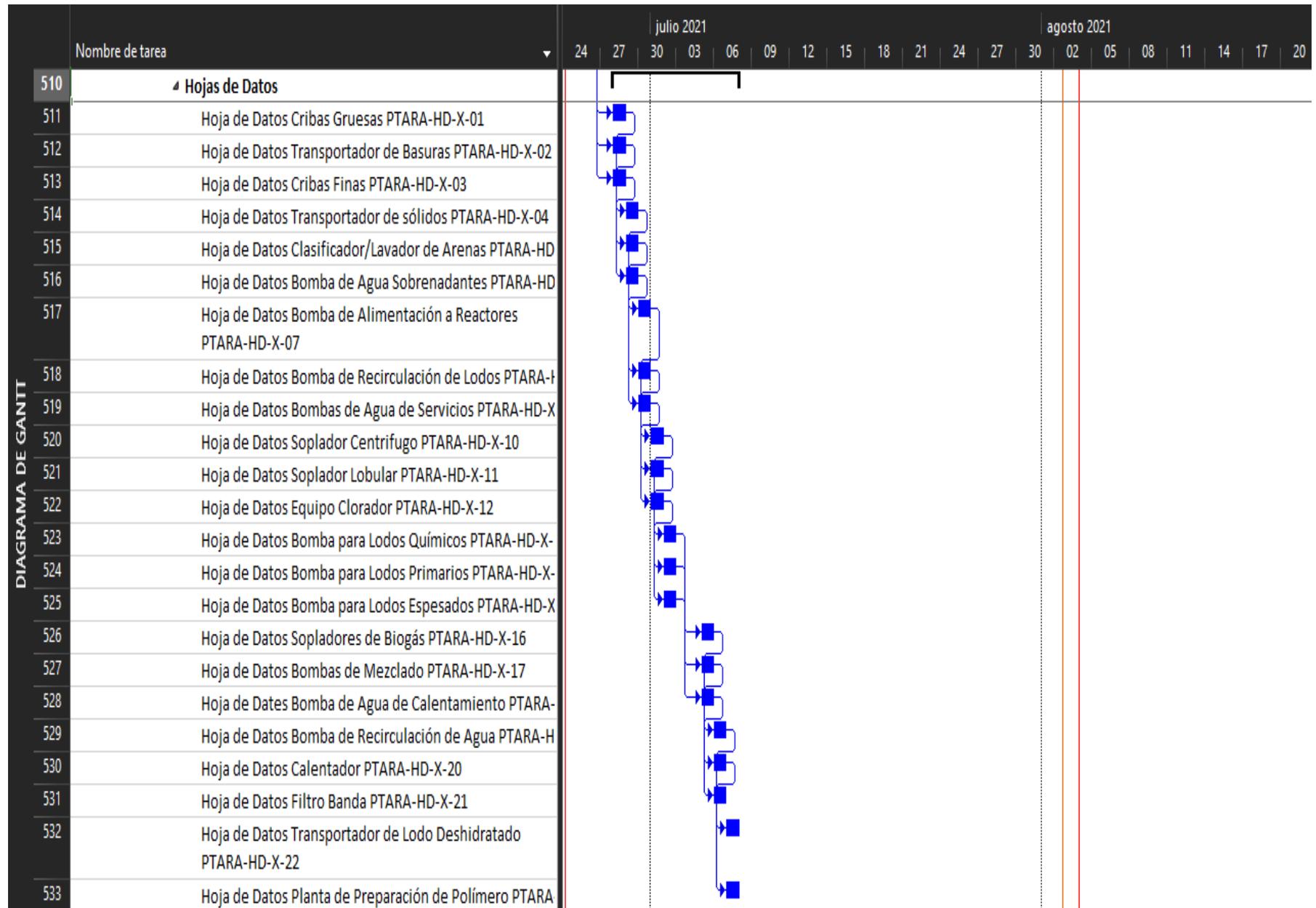


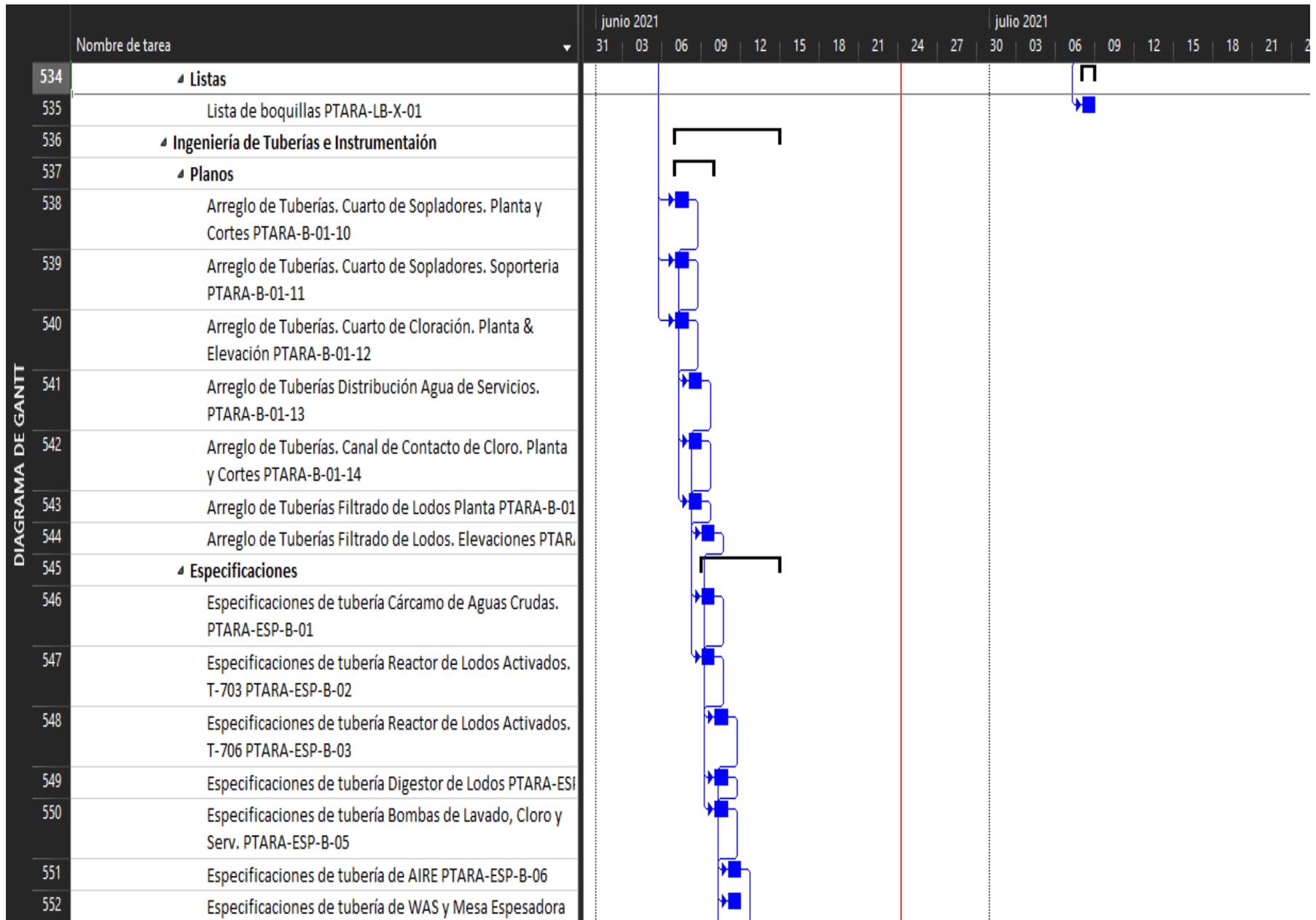


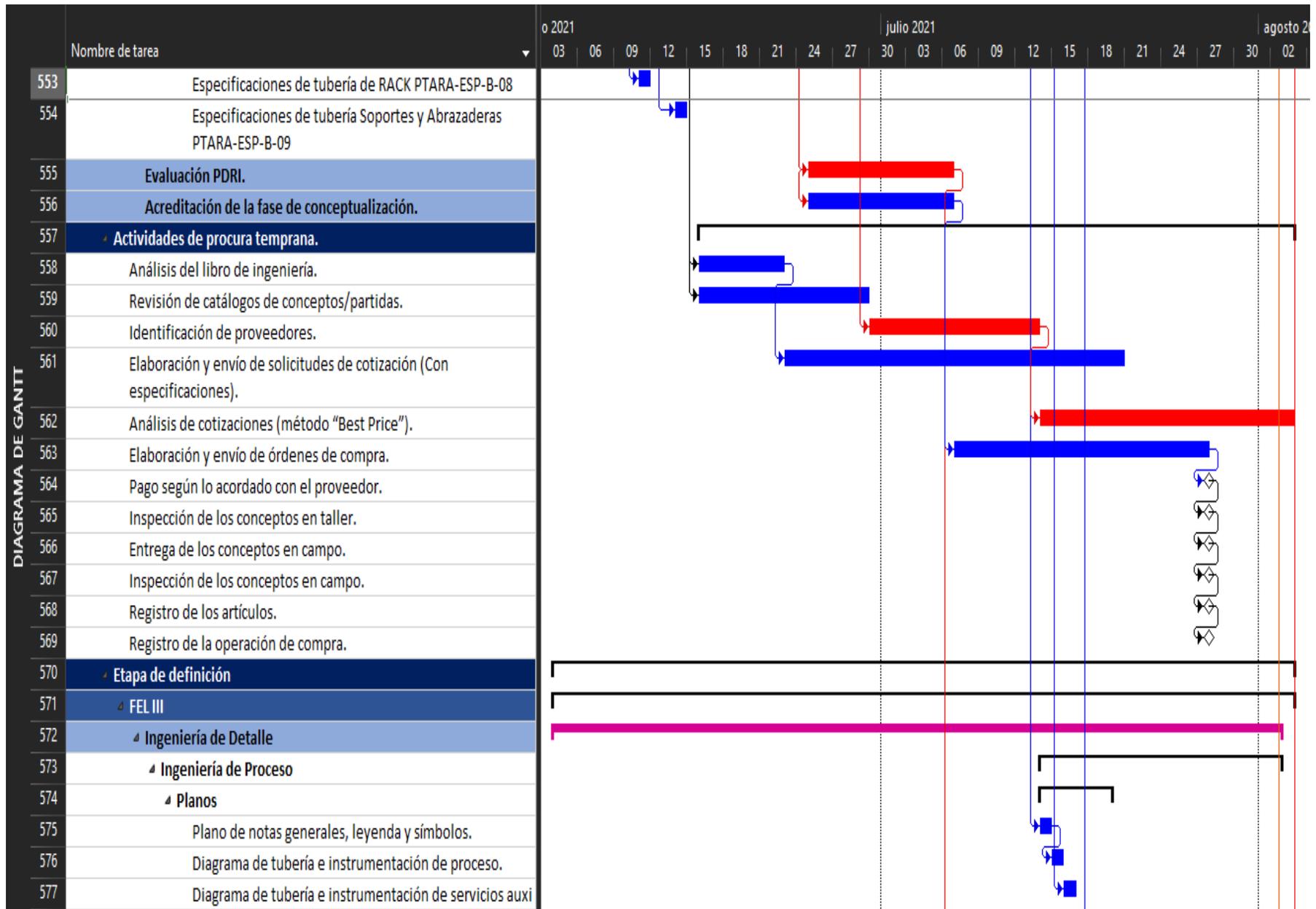


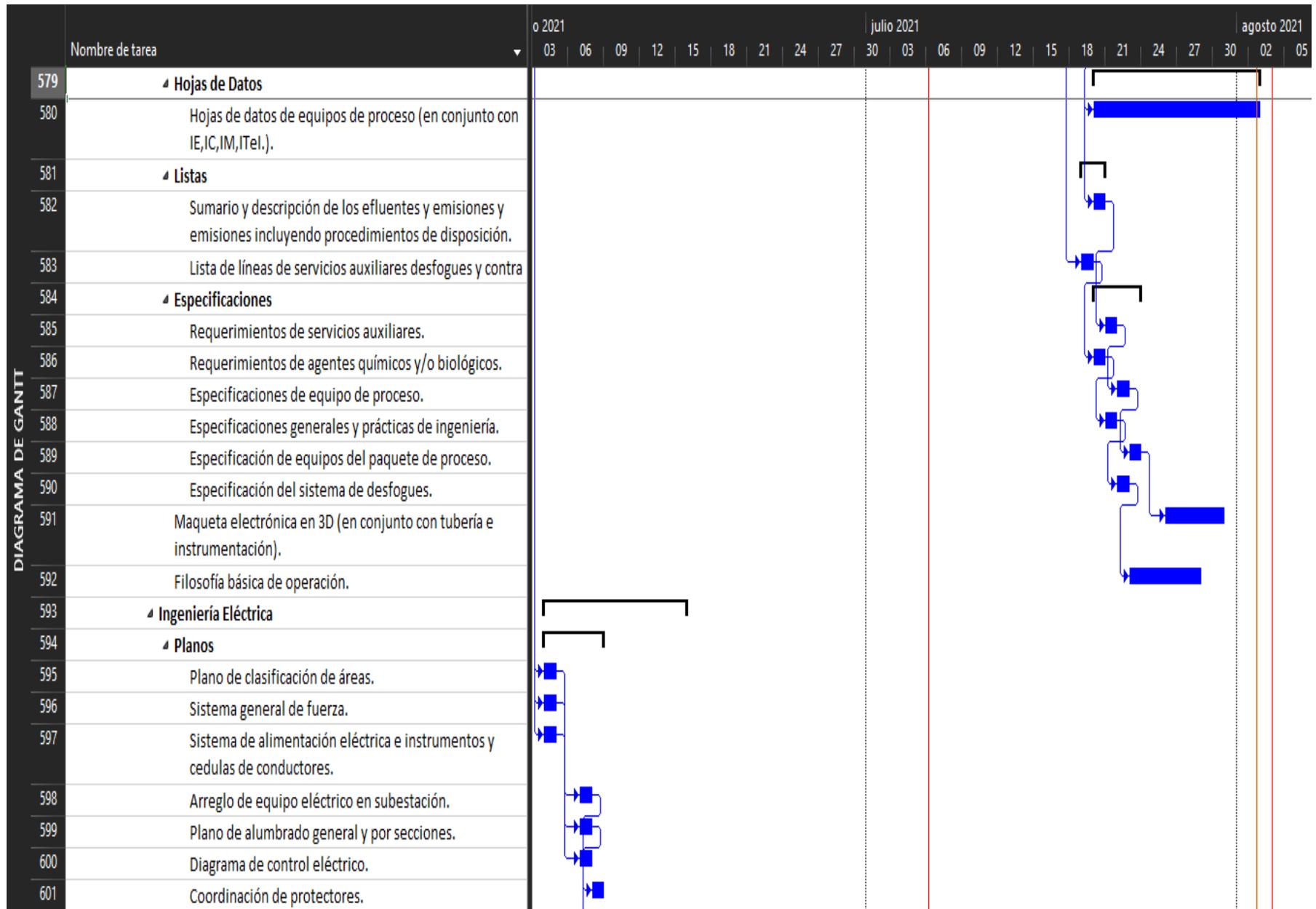


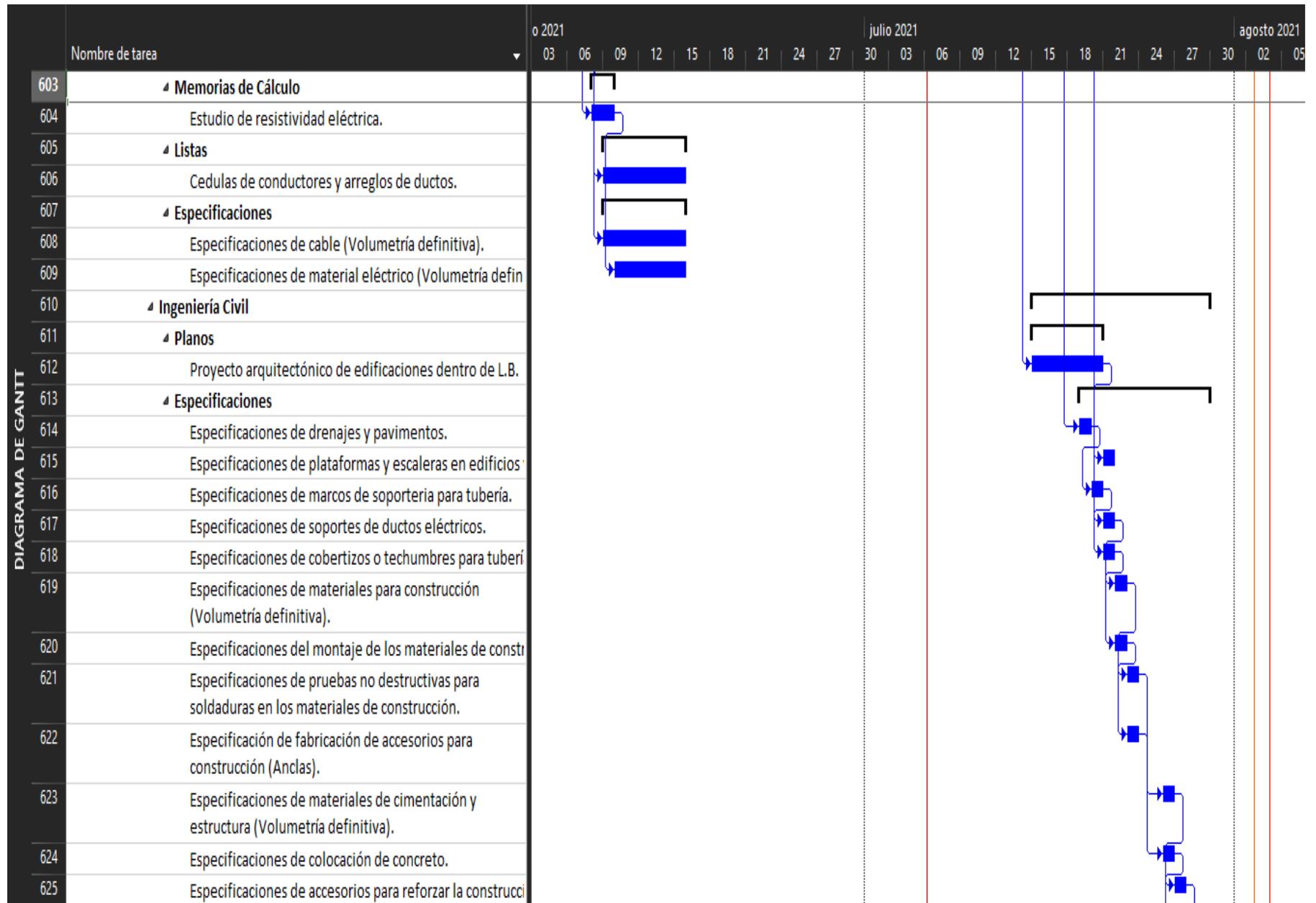


















**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p> <p>FACULTAD DE QUÍMICA</p> 						<p>ACTA CONSTITUTIVA</p>	<p>Página 169 de 7</p>		
							<p>PTARA-01-00-IPY-01-PE-00</p>		
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ	APROBÓ	



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20
Página 2 de 7	

A. INFORMACION GENERAL

Nombre del Proyecto: Desarrollo de la ingeniería para el proyecto de: “Ampliación de capacidad de tratamiento de la PTAR Atapaneo”: a ejecutarse en la localidad de Atapaneo Municipio de Morelia, Estado de Michoacán.

Patrocinador 1: **FONADIN PROMAGUA**

Patrocinador 2: **FACULTAD DE QUÍMICA UNAM**

Fecha de Presentación: **19 de marzo del 2020**

Autorizado por Propietario del Proyecto: María Laura Escobar Abraham - Supervisor de Proyecto oopas Morelia.

B. ANTECEDENTES

La OOAPAS DE MORELIA a través de la gerencia de proyectos estratégicos realiza monitoreos de la calidad del agua en comunidades agrícolas, a raíz del último análisis realizado se concluyó que se tienen que ampliar o construir una planta de tratamiento de aguas residuales en la zona de Atapaneo.

C. JUSTIFICACION DEL PROYECTO

LA OOAPAS DE MORELIA está considerando la construcción de un tren de tratamiento que contempla las etapas de pretratamiento, tratamiento, tratamiento secundario y desinfección, así como la disposición de lodos. En la ampliación de la PTAR en Atapaneo.

D. REQUISITOS QUE SATISFACEN LAS NECESIDADES, DESEOS Y EXPECTATIVAS DEL CLIENTE,

PATROCINADOR Y DEMAS INTERESADOS

D0. Stakeholders

Cliente: OOAPAS DE MORELIA

Patrocinador: FONADIN PROMAGUA-FACULTAD DE QUÍMICA UNAM.

Compañía encargada del proyecto: FACULTAD DE QUÍMICA UNAM

D1. Funcionales

Desarrollo de la ingeniería para las etapas de pretratamiento, tratamiento, tratamiento secundario y desinfección, disposición de lodos, servicios auxiliares, edificios y obras externas, considerando que la infraestructura deberá cumplir con la normatividad necesaria.



D2. Técnicos

Pretratamiento: Entre los nuevos equipos instalados en el tren de nuevo tratamiento destacan los siguientes:

- 2 cribas de gruesos
- 1 Transportador de banda
- 2 Criba de finos.
- 1 Tornillo compactador
- 2 Desarenadores de tipo Vortex modificado
- 1 Clasificador de arena
- 3 Bombas sumergibles (Nuevas)

Tratamiento Biológico: En esta etapa, se adicionará un tren de tratamiento secundario para tratar 600 l/s correspondientes a la ampliación, con las siguientes etapas y características:

- 1 Selector o Bio-P
- 1 Mezclador
- 1 Tanque Anóxico
- 3 Mezclador Anóxico
- 1 Tanque Aerobio
- 170 difusores para el sistema de aireación
- 2 Bombas de Recirculación Interna
- 1 Clarificador
- 2 Bombas de recirculación (RAS)
- 1 Soplador
- 2 Bombas de WAS

Desinfección:

El agua tratada procedente de la etapa de clarificación secundaria, se conducirá por gravedad al canal de contacto con cloro. La desinfección está basada en la inactivación bacteriana, cuando se realiza con adición de químicos, los microorganismos no son eliminados, solo los inactiva así que no pueden infectar a los consumidores. Como parte de la ampliación de la PTAR se instalará un paquete de desinfección, por lo que el efluente del clarificador se conducirá por tubería a gravedad hasta el canal de cloración, donde se lleva la desinfección del agua tratada.

El cloro gas pasará por un eyector, donde se mezcla con agua tratada para la disolución del mismo y formar una solución clorada al 1% de concentración, que es



inyectada mediante un difusor en la parte inicial del canal de cloración. Los principales componentes de esta etapa son los siguientes:

- 1 tanque de contacto
- 1 sistema de Cloración.

Tratamiento de lodos:

La línea nueva, consta de mesas espesadoras, una de estas estará operando, mientras una más se encontrará en stand by. La descarga de lodo espesado se alimentará por bombeo a un digestor anaerobio, en esta etapa de digestión, se lleva a cabo la estabilización de los lodos al reducir la fracción volátil de los lodos a un valor mínimo, que garantiza la neutralidad de los mismos. Durante este proceso, se produce biogás como producto final de la digestión. Se considera el mástil y piloteo para el soporte de la estructura del digestor anaerobio. Entre sus principales componentes se encuentran:

- 2 Mesas Espesadoras.
- 1 preparador de polímero
- 2 Bombas dosificadoras de polímero
- 2 bombas de lodos espesados
- 1 Digestor anaerobio
- 2 bombas de mezclado centrifugas
- 2 sopladores de biogás de tipo regenerativo
- 1 tanque gas L.P cilíndrico
- 1 Quemador de Biogás
- 1 Caldera de Biogás
- 2 Bombas de lodos digeridos
- 1 filtro banda de limpieza automática.
- 1 Preparadora de polímero
- 2 Bombas dosificadoras de Polímero

Edificios.

- Edificio Administrativo.
- Edificio de Servicios.
- Cuarto de Sopladores.
- Caseta de Vigilancia.
- Cuarto de lodos.



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20
Página 2 de 7	

Obras generales

Adicional a lo indicado previamente, se realizarán las siguientes modificaciones para la ampliación de la PTAR Atapaneo:

- Instalación de gaviones en el perímetro de la PTAR que colinda con el río, lo anterior con el objetivo de proteger la nueva estructura del clarificador secundario a instalarse de posibles desbordamientos del río por lluvias.
- Señalización de vialidades, tuberías y sistema contraincendios para la infraestructura resultante de la ampliación de la PTAR.
- Suministro de equipamiento eléctrico derivada de la inclusión de nuevos equipos mecánicos e incremento en la demanda de energía eléctrica por la ampliación en capacidad: una subestación eléctrica, un transformador, un banco de capacitores, un Centro de Control de Motores “CCM”, una planta de emergencia, un tablero de distribución y un tablero de control, así como el alumbrado y tablero del mismo.
- Suministro e instalación de 600 metros lineales de tubería hidráulica de PRFV con los accesorios correspondientes.
- Suministro de válvulas de bola, mariposa y check.
- Suministro de instrumentos para monitoreo del influente y efluente del agua residual y tratada, así como en el flujo de lodos, los instrumentos que se instalaran con los siguientes: Medidores de flujo, muestreador automático, medidores de nivel para presión hidrostática, analizadores de oxígeno disuelto y cloro “ORP” y manómetros y medidores de temperatura.

E. ALINEAMIENTO DEL PROYECTO A LOS OBJETIVOS ESTRATEGICOS

E1. Objetivos estratégicos a los que contribuirá el Proyecto

Construcción y Operación de la PTAR “ATAPANEO”.

E2. Objetivos del Proyecto

Se realizará los trabajos de Ingeniería conceptual, básica, básica extendida y de detalle para la PTAR “ATAPANEO”

F. ASMINISTRADOR DEL PROYECTO Y SU NIVEL DE AUTORIDAD

Nombre del Administrador del Proyecto: **M. en I. José Antonio Ortiz Ramírez**

Responsabilidades principales



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-00

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

Página 2 de 7

- Ser el primer contacto con OOAPAS DE MORELIA para asegurar que los objetivos del proyecto y prioridades son entendidos y cumplidos por el Equipo de Proyecto.
- Elaborar el Plan del Proyecto y asegurar que se cumpla lo establecido.
- Llevar a cabo labores de seguimiento y control: Reportar periódicamente la situación del proyecto, actualizar periódicamente el Plan del Proyecto.
- Coordinar los esfuerzos entre su contraparte y los líderes de las disciplinas, durante la ejecución de los entregables de ingeniería, y el intercambio de información entre los proveedores de equipo y el personal técnico asignado al proyecto.

Atribuciones principales

- Tendrá la suficiente autoridad y atribución como para resolver los conflictos que puedan poner en riesgo y los objetivos y metas del proyecto.

G. ORGANIZACIÓN PARA EL PROYECTO

Se asignará un Gerente especializado para dirigir el proyecto garantizando la experiencia técnica y gerenciamiento requeridas para las diferentes tareas involucradas en el Proyecto. El Gerente de Proyecto estará en comunicación continua con OOAPAS DE MORELIA. Los líderes de disciplina asistirán al Administrador del Proyecto en todos los asuntos concernientes a la aplicación de estándares, códigos y especificaciones asegurando que todos los objetivos y trabajos cumplen con los requerimientos técnicos necesarios

PLAZO DE EJECUCIÓN

Se considera un periodo de ejecución de **18 Semanas**, con la siguiente propuesta cronológica:

Etapas de ejecución	Fecha de inicio	Fecha de termino	Duración (Sem.)
Ing. Conceptual			
Ing. Básica			
Ing. Básica Extendida			
Ing. De Detalle			

Estamos en condiciones de reducir el plazo, con la definición de los tiempos de entrega de la información de los especialistas de ingeniería.

H. PRESUPUESTO

I1.- Costos estimados del Proyecto



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-00

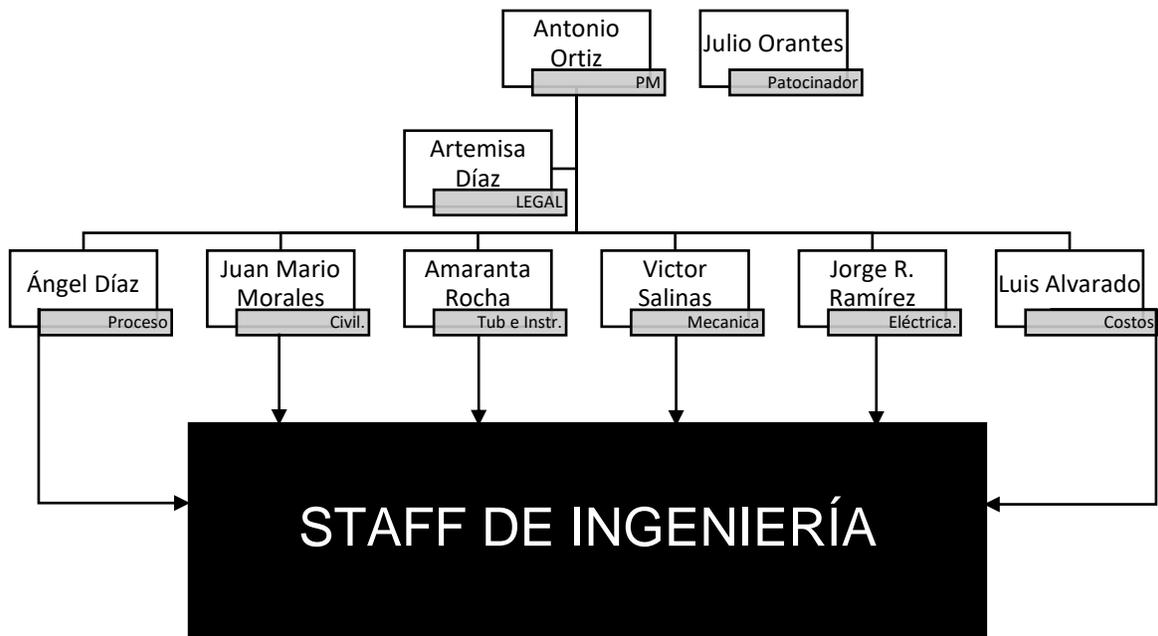
ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20
Página 2 de 7	

La FACULTAD DE QUIMICA DE LA UNAM estima realizar el alcance del proyecto en base a un precio alzado de **\$ 466,241,000 (CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS MILLONES, DOSCIENTOS CUARENTA Y UN MIL PESOS 00/100 MXP)** más el Impuesto al Valor Agregado Correspondiente.

12.- Condiciones de pago.

La **FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNAM** requiere un **30%** de anticipo para el inicio de los trabajos. El avance será presentado por medio de estimaciones mensuales; con pago máximo a 30 días posteriores de la fecha de la estimación aprobada.

I. INTEGRANTES DEL EQUIPO DEL PROYECTO, ROLES.



J. FIRMA DE AUTORIZACIÓN DEL CHARTER DEL PROYECTO

Nombre	Cargo	Firma Autorizada	Fecha
Ing. José Antonio Ortiz Ramírez FACULTAD DE QUÍMICA UNAM	Administrador del Proyecto		19/03/2020
Lic. Francisco Gonzalez Ortiz Mena FONADIN-PROMAGUA	Patocinador		19/03/2020



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANE, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			LISTA DE INTERESADOS	Página 176 de 2					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-01					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE QUÍMICA

PTARA-01-00-IPY-01-PE-01

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

Página 2 de 2

Nombre	Puesto	Organización/ Empresa	Ubicación	Rol en el proyecto	Requisitos principales	Grado de influencia	Fase/ Área de mayor interés.
Francisco González Ortiz Mena	Director General Adjunto de Banca de Inversión	FONADIN- PROMAGUA	CDMX	Patrocinador	Diseño, Construcción y operación del proyecto: Ampliación de la PTAR Atapaneo.	Muy alto.	Proyecto en su totalidad. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
Carlos Amador Bedolla	Director de la Facultad de Química	UNAM/ FACULTAD DE QUÍMICA	CDMX	Patrocinador	Diseño de la ampliación de la PTAR Atapaneo.	Muy alto.	Desarrollo de la ingeniería. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
Raúl Morón Orozco	Presidente Municipal de Morelia Michoacán.	Gobierno Municipal de Morelia Michoacán.	Morelia Michoacán.	Cliente	Diseño, Construcción y operación del proyecto: Ampliación de la PTAR Atapaneo.	Alta	Proyecto en su totalidad. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
Julio César Orantes Ávalos	Director General.	oopas Morelia.	Morelia Michoacán.	Cliente	Diseño, Construcción y operación del proyecto: Ampliación de la PTAR Atapaneo.	Alta	Proyecto en su totalidad. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
María Laura Escobar Abraham	Jefe de Departamento de Estudios y Proyectos	oopas Morelia.	Morelia Michoacán.	Supervisor	Diseño de la ampliación de la PTAR Atapaneo.	Alta	Desarrollo de la ingeniería. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
José Antonio Ortíz Ramírez	Administrador del proyecto.	UNAM/ FACULTAD DE QUÍMICA	CDMX/ Morelia Michoacán.	Desarrollador de proyectos.	Diseño de la ampliación de la PTAR Atapaneo.	Alta	Desarrollo de la ingeniería. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
Juan Mario Morales Cabrera	Director de ingeniería	UNAM/ FACULTAD DE QUÍMICA	CDMX/ Morelia Michoacán.	Proveedor de servicios de ingeniería.	Diseño de la ampliación de la PTAR Atapaneo.	Media	Desarrollo de la ingeniería. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
Equipo del proyecto.	Especialistas de ingeniería.	UNAM/ FACULTAD DE QUÍMICA	CDMX/ Morelia Michoacán.	Proveedor de servicios de ingeniería.	Diseño de la ampliación de la PTAR Atapaneo.	Baja	Desarrollo de la ingeniería. (Cumplimiento en tiempo costo, alcance y calidad acordados.)
Comunidad local.	N/A	N/A	Atapaneo Michoacán.	Usuarios/ Beneficiarios	Conocimiento del proyecto.	Baja	Proyecto en su totalidad.



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			ORGANIGRAMA DEL EQUIPO DEL PROYECTO	Página 178 de 2					
	FACULTAD DE QUÍMICA				PTARA-01-00-IPY-01-PE-02					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



FACULTAD DE QUÍMICA

PTARA-01-00-IPY-01-PE-02

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

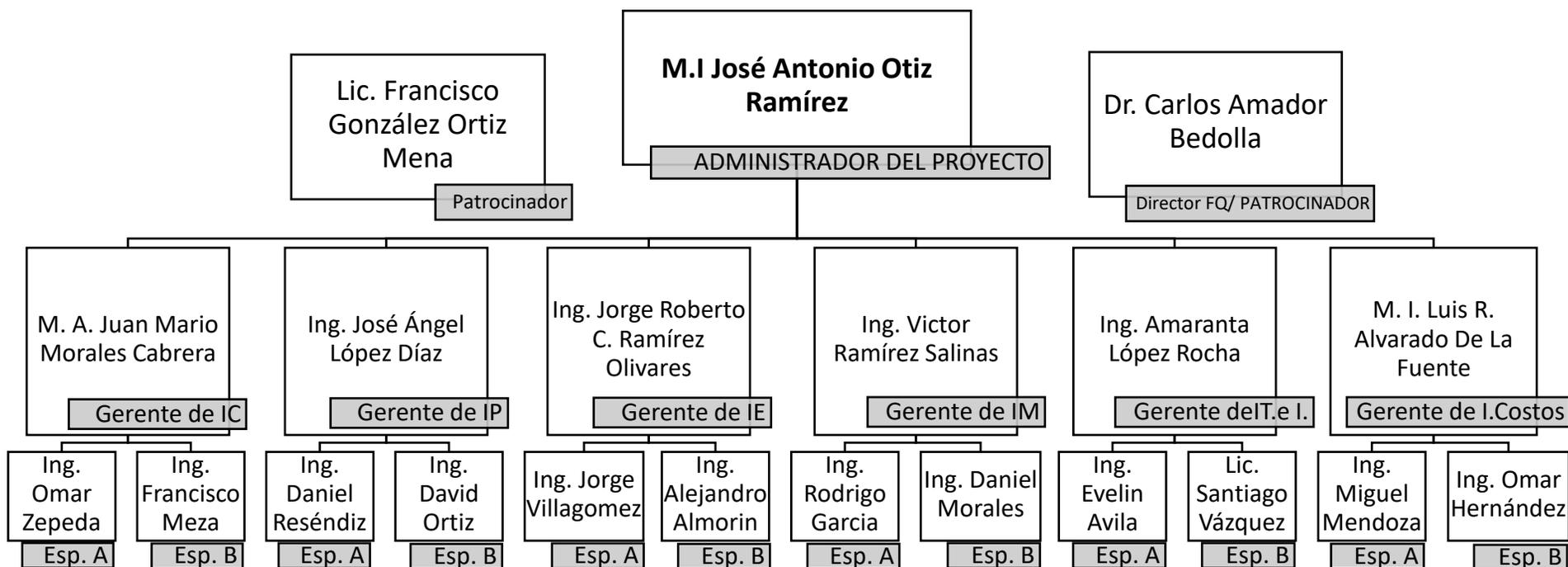
APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

Página 2 de 2





**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANE, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL SITIO	Página 180 de 6					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-03					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



Evaluación y selección del sitio.

Introducción.

a) Objetivo.

Dentro de la fase de visualización es de suma importancia definir dónde estará situada la PTAR. Para el presente proyecto no fue requerido un análisis o evaluación debido a que la naturaleza del proyecto es una ampliación de una planta existente, por lo que se realizará una evaluación de 3 potenciales lugares para su ubicación para dar soporte a la selección ya establecida.

b) Descripción general.

La ampliación de la "PTAR Atapaneo" se realizará aumentando la capacidad de la planta de 1200 l/s a 1800 l/s, es decir 600 litros adicionales.

El agua tratada adicional deberá tener una calidad a la descarga superior a la correspondiente a la NOM-001-ECOL-1996-Ríos – (C) Protección de vida acuática. Debido a la necesidad de ampliar la PTAR en capacidad a 1,800 l/s se proponen diversos cambios en los procesos actuales y construcción de nuevas etapas de tratamiento

c) Antecedentes para la selección.

Debido a la posición estratégica en la que se encuentra la PTAR actualmente, es de suma importancia mitigar el flujo volumétrico de las aguas residuales provenientes de Morelia que pasan por esta PTAR ya que las aguas residuales no tratadas contaminan al Río Grande, que a su vez abastece la alimentación de riego agrícola del Distrito 20 Morelia-Queréndaro.

El Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro, fue creado por acuerdo presidencial del 3 de mayo de 1938 y Ampliado con los Valles de San Bartolo y Queréndaro mediante acuerdo del 1 de agosto de 1940 y transferido a las asociaciones civiles de usuarios en el año de 1995, el cual tiene una superficie de riego de 13 258 (ha), que actualmente es regado por aguas contaminadas provenientes del Río Grande, lo que afecta directamente a los productos agrícolas.



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

Análisis de la localización de la planta.

a) Evaluación del sitio.

Para poder concluir que este proyecto tuviera como ubicación geográfica la localidad de Atapaneo se tuvo que realizar una evaluación con diferentes opciones, a continuación, se muestra un método matricial considerando 3 ubicaciones de proyectos diferentes de construcción de PTAR's que se evaluaron en la misma fecha bajo ciertos criterios establecidos.

Criterio	% de impacto al proyecto	Celaya Gto.		Atapaneo Mor. Michoacan		Texcoco Edo. de México	
		Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación	Puntuación	Calificación
Contaminación de ríos que abastecen al municipio.	30%	80	24	80	24	30	9
Desabasto municipal en el suministro de agua	20%	40	8	30	6	90	18
Cercanía con en el efluente a tratar.	30%	30	9	90	27	30	9
Condiciones climáticas.	5%	60	3	40	2	50	2.5
Disponibilidad de terreno.	5%	65	3.25	90	4.5	60	3
Impacto del producto en el mercado (comunidad)	10%	75	7.5	80	8	50	5
TOTAL	100%		54.75		71.5		46.5

Elaboró	JALD	Fecha	19/03/2020
Reviso	JMMC		
Aprobó	JAOR		



b) Ubicación física.

El proyecto se encuentra localizado en la Avenida Francisco I Madero Oriente No. 11995 en la localidad de Atapaneo, municipio de Morelia, Estado de Michoacán. Sus coordenadas geográficas son 101°06'19" de longitud oeste y 19°44'17" de latitud norte, a una altitud de 1,876 m.s.n.m.



Ilustración 2 Vista aérea de la PTAR Atapaneo Fuente: GOOGLEEARTH

c) Dimensiones del complejo.

La superficie del complejo está conformada por 11 434.47 m² del cual actualmente se ocupa el 85% del total de la superficie, se estima que después de la ampliación la ocupación de la superficie del terreno abarque el 100 % del área establecida.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-04

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

Página 6 de 6



Conclusiones.

Para este proyecto la localización de la planta aportada por el cliente es adecuada y cumple con los criterios de selección y evaluación de sitio propuestos. Dando como prioridad el beneficio a la comunidad de la zona agrícola que es alimentada por el Río Grande.



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA	Página 185 de 6			
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-04			
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ	APROBÓ



Evaluación y selección de la tecnología.

Introducción

Los procesos para el tratamiento de aguas residuales municipales dependen en un 100% del nivel de tratamiento que se desee, esto quiero decir del uso que se le dará el agua residual, ya sea para riego, consumo humano o ambos. En general la industria del tratamiento de aguas residuales considera principalmente procesos biológicos para este fin, más sin embargo se puede considerar otros procesos o inclusive tecnologías emergentes para este fin.

Objetivo.

Cabe señalar que debido a que el proyecto se trata de una ampliación puede suponerse que el proceso puede ser el mismo, más sin embargo puede que una tecnología emergente o que era inexistente cuando se realizó la evaluación inicial sea más viable en estos momentos, es por eso que se realizará una evaluación como soporte.

La presente evaluación tecnológica tiene como fin describir, analizar y evaluar las mejores opciones de tratamiento disponibles para este proyecto y en determinado caso ratificar el proceso seleccionado antes de considerar la ampliación de la planta.

Descripción general.

En el presente documento se evaluará y seleccionará la opción tecnológica más viable, considerando una breve descripción de las tecnologías existentes que se pueden aplicar al proceso, un análisis matricial con ponderaciones conciliadas y la selección pertinente de la tecnología con el mejor puntaje según la evaluación.

Antecedentes para la selección y evaluación.

Datos proporcionados por el cliente informan que existe una tecnología potencialmente desarrollada de acuerdo a los históricos nacionales, aunque para fines de soporte y de reafirmar la decisión del cliente se incluirán dos opciones aplicables más.

Cada proceso propuesto para ser evaluado ha sido utilizado con éxito en diferentes casos de estudio tanto a nivel nacional como internacional ya que cuentan con plantas que operan actualmente cumpliendo con la normatividad establecida para su diseño.

El análisis y la evaluación para la selección se verán reflejados en una matriz de ponderación.



Descripción de los procesos disponibles.

Lodos activados.

Este proceso ha sido y es uno de los más utilizados en el mundo para el tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico o municipal. Existen alrededor de 13 variantes de lodos activados; los sistemas de flujo pistón, totalmente mezclado de media carga y el de aireación extendida (baja carga) son los más comunes. Una variante particular es el reactor secuencial por lotes (sequencing batch reactor, SBR) que opera en forma discontinua con las etapas de alimentación, reacción, sedimentación y vaciado. La gran ventaja de este sistema es que se lleva a cabo en un solo tanque, el cual cuenta con dispositivos para proveer aeración, mezclado y sedimentación.

Se fundamenta en la utilización de microorganismos, mayoritariamente bacterias heterótrofas facultativas, que crecen naturalmente en el agua residual y convierten la materia orgánica disuelta y particulada presente en el agua en productos más simples (dióxido de carbono y agua) y nuevas bacterias. El proceso de lodos activos consta principalmente de:

- Un tanque de aireación (reactor) en el cual los microorganismos se mantienen en suspensión y aireados
- De un sistema de separación de sólidos (normalmente un tanque de sedimentación)
- De un sistema de recirculación para devolver la biomasa sedimentada (microorganismos y sólidos inertes) al reactor (Buitrón Méndez, Reino Sánchez, & Carrera Muyo, 2015).

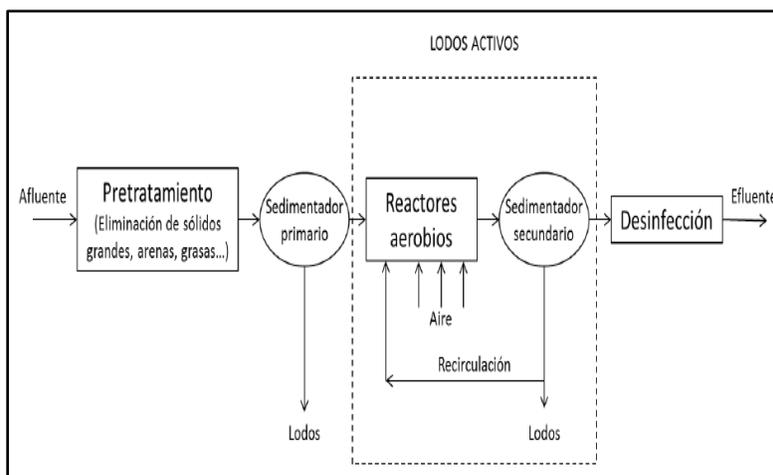


Ilustración 3 Diagrama de bloques de un proceso de tratamiento biológico de agua residual en donde está implementado el proceso de lodos activos.



Humedales artificiales.

Los humedales artificiales son sistemas de tratamiento de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente.

Cuando el agua llega a una estación depuradora, pasa por una serie de tratamientos que extraen los contaminantes del agua y reducen su peligro para la salud pública.

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización (Stearman et al., 2003). Reemplazan así el tratamiento secundario e inclusive, bajo ciertas condiciones, al terciario y primario de las aguas residuales. El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual (Reed en Kolb, 1998) y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos (Hu en Kolb, 1998). (Delgadillo, 2010).

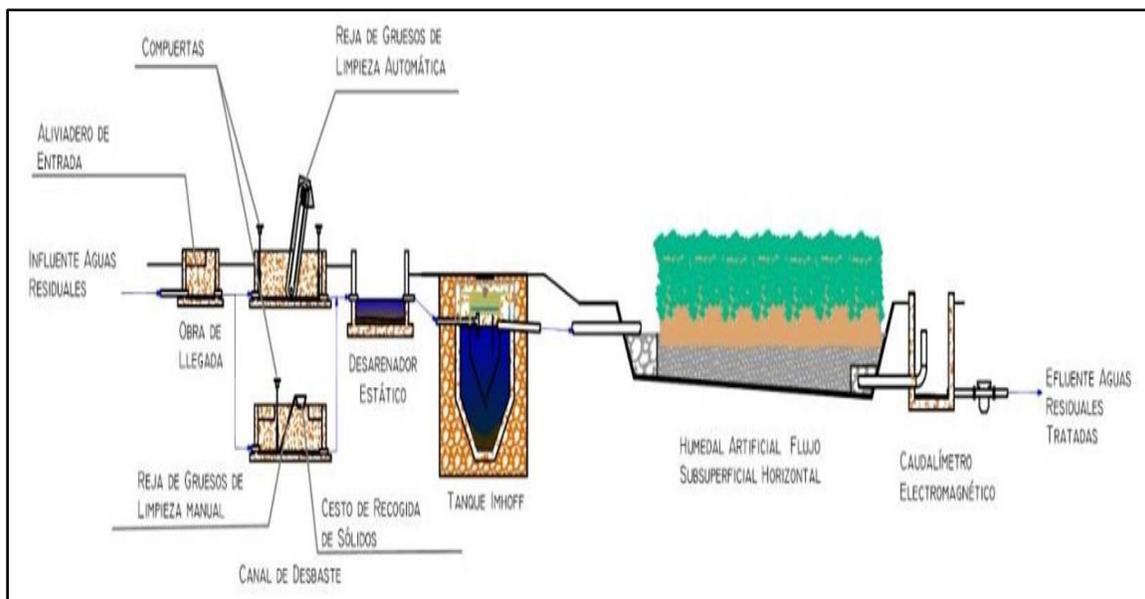


Ilustración 4 Proceso de humedales artificiales [Introducción a los Humedales Artificiales como tratamiento de las aguas residuales Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales>



Zanjas de infiltración o de lixiviación capilar.

El método por zanja de lixiviación capilar consiste en promover el contacto entre un flujo no saturado de agua residual con la capa superficial del suelo, donde la actividad biótica es altamente activa, para oxidar y degradar la materia orgánica. Este método fue desarrollado por el Dr. Tadashi Niimi, de 1955 a 1965; recientemente, las zanjas de infiltración o de lixiviación capilar han tenido diversas aplicaciones, como son: tratamiento del agua residual doméstica para pulir el agua, y tratamiento para remoción de fósforo y nitrógeno, donde la premisa misa del proceso es que el efluente no tiene una salida visible o superficial

Para el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en pequeñas comunidades de países occidentales, en forma tradicional, se han utilizado sistemas de tratamiento que incluyen una fosa séptica y un campo conformado por zanjas de infiltración, (**Ilustración 5**); estas unidades también han sido utilizadas en forma individual, por lo cual el uso de las zanjas de infiltración no es nuevo (EPA, 2002).

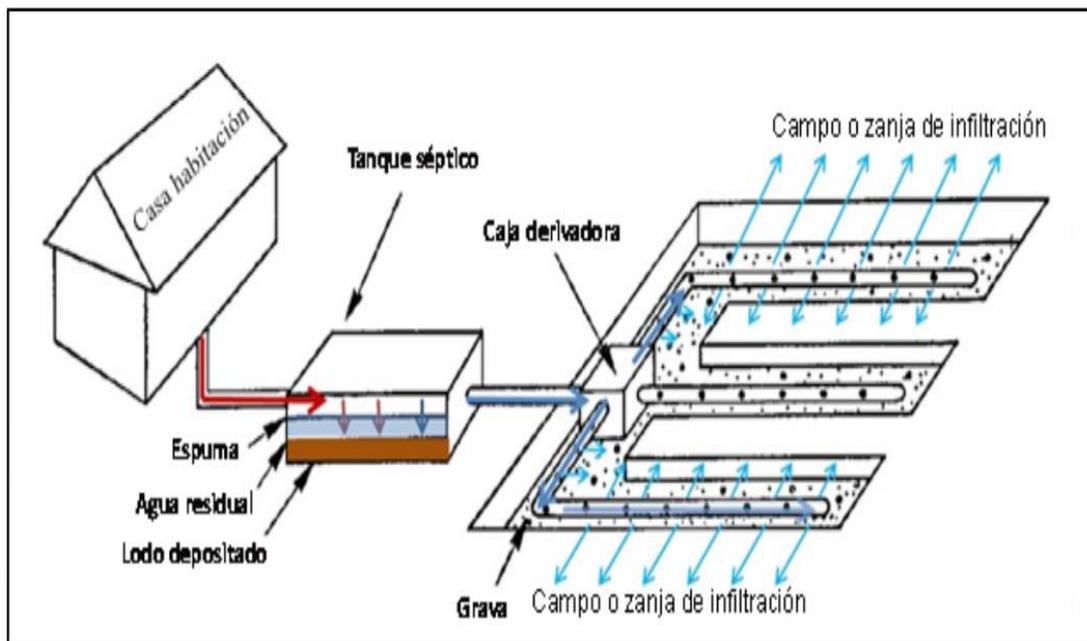


Ilustración 5 Sistema de tratamiento a base de zanjas de infiltración o de lixiviación capilar Tipo Niimi Fuente: Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón Comisión Nacional del Agua.

Resultado de la evaluación.

A continuación, se muestra la matriz de ponderación donde se evaluaron los tres procesos antes mencionados, así mismo se optó por seleccionar el proceso que tuviera la calificación más alta, indicando que es el más viable.



Lodos activados.

#	A	B	C	D	E
		PROCESO EVALUADO : LODOS ACTIVADOS	CALIFICACIÓN	C/5 (Excepto en filas 6.5, 7.5 y 8.6)	D*A
			0= no aplica		
			1= deficiente		
			3= adecuado		
			5= muy bueno		
1	60%	Aplicabilidad del proceso.	5	1	0.6
2	20%	Generación de residuos.	3	0.6	0.12
3	5%	Generación de subproductos con valor económico.	5	1	0.05
4	10%	Vida útil de la PTAR en operación.	5	1	0.1
5	5%	Requerimientos de espacio físico.	3	0.6	0.03
6		Diseño y construcción			
6.1		Criterios de diseño.	3		
6.2		Experiencia del contratista.	5		
6.3		Tecnología ampliamente probada.	5		
6.4		Complejidad en la construcción y equipamiento.	3		
6.5		Sumar las casillas 6.1C,6.2C,6.3C y 6.4C. Dividir el resultado entre 25 y anotar en la casilla 6.5D		0.64	0.64
7		Operación.			
7.1		Flexibilidad de la operación.	1		
7.2		Complejidad de operación del proceso.	3		
7.3		Requerimientos de personal.	3		
7.4		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio.	5		
7.5		Sumar las casillas 7.1C,7.2C,7.3C y 7.4C. Dividir el resultado entre 25 y anotar en la casilla 7.5D		0.48	0.48
8		Entorno e impacto al medio ambiente.			
8.1		Producción de ruido	1		
8.2		Contaminación visual.	3		
8.3		Producción de malos olores.	1		
8.4		Generación de gases de efecto invernadero.	3		
8.5		Condiciones para la reproducción de insectos y animales dañinos.	3		
8.6		Sumar las casillas 8.1C,8.2C,8.3C, 8.4C y 8.5C. Dividir el resultado entre 25 y anotar en la casilla 8.6D		0.44	0.44
9		SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA (E) Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 9E			2.46



Humedales artificiales.

#	A	B	CALIFICACIÓN		E
			C	D	
	%	PROCESO EVALUADO : HUMEDALES ARTIFICIALES	0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5= muy bueno	C/5 (Excepto en filas 6.5, 7.5 y 8.6)	D*A
1	60%	Aplicabilidad del proceso.	3	0.6	0.36
2	20%	Generación de residuos.	5	1	0.2
3	5%	Generación de subproductos con valor económico.	1	0.2	0.01
4	10%	Vida útil de la PTAR en operación.	3	0.6	0.06
5	5%	Requerimientos de espacio físico.	3	0.6	0.03
6		Diseño y construcción			
6.1		Criterios de diseño.	1		
6.2		Experiencia del contratista.	3		
6.3		Tecnología ampliamente probada.	3		
6.4		Complejidad en la construcción y equipamiento.	3		
6.5		Sumar las casillas 6.1C,6.2C,6.3C y 6.4C. Dividir el resultado entre 25 y anotar en la casilla 6.5D		0.4	0.4
7		Operación.			
7.1		Flexibilidad de la operación.	1		
7.2		Complejidad de operación del proceso.	3		
7.3		Requerimientos de personal.	3		
7.4		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio.	3		
7.5		Sumar las casillas 7.1C,7.2C,7.3C y 7.4C. Dividir el resultado entre 25 y anotar en la casilla 7.5D		0.4	0.4
8		Entorno e impacto al medio ambiente.			
8.1		Producción de ruido	5		
8.2		Contaminación visual.	5		
8.3		Producción de malos olores.	1		
8.4		Generación de gases de efecto invernadero.	3		
8.5		Condiciones para la reproducción de insectos y animales dañinos.	1		
8.6		Sumar las casillas 8.1C,8.2C,8.3C, 8.4C y 8.5C. Dividir el resultado entre 25 y anotar en la casilla 8.6D		0.6	0.6
9		SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA (E) Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 9E			2.06



Zanjas de infiltración o de lixiviación capilar.

#	A %	B PROCESO EVALUADO : ZANJAS DE INFILTRACIÓN.	C	D C/5 (Excepto en filas 6.5, 7.5 y 8.6)	E D*A
			CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5= muy bueno		
1	60%	Aplicabilidad del proceso.	1	0.2	0.12
2	20%	Generación de residuos.	3	0.6	0.12
3	5%	Generación de subproductos con valor económico.	1	0.2	0.01
4	10%	Vida útil de la PTAR en operación.	1	0.2	0.02
5	5%	Requerimientos de espacio físico.	3	0.6	0.03
6		Diseño y construcción			
6.1		Criterios de diseño.	1		
6.2		Experiencia del contratista.	1		
6.3		Tecnología ampliamente probada.	3		
6.4		Complejidad en la construcción y equipamiento.	3		
6.5		Sumar las casillas 6.1C,6.2C,6.3C y 6.4C. Dividir el resultado entre 25 y anotarlo en la casilla 6.5D		0.32	0.32
7		Operación.			
7.1		Flexibilidad de la operación.	1		
7.2		Complejidad de operación del proceso.	3		
7.3		Requerimientos de personal.	3		
7.4		Disponibilidad de repuestos y centros de servicio.	5		
7.5		Sumar las casillas 7.1C,7.2C,7.3C y 7.4C. Dividir el resultado entre 25 y anotarlo en la casilla 7.5D		0.48	0.48
8		Entorno e impacto al medio ambiente.			
8.1		Producción de ruido	1		
8.2		Contaminación visual.	3		
8.3		Producción de malos olores.	1		
8.4		Generación de gases de efecto invernadero.	3		
8.5		Condiciones para la reproducción de insectos y animales dañinos.	3		
8.6		Sumar las casillas 8.1C,8.2C,8.3C, 8.4C y 8.5C. Dividir el resultado entre 25 y anotarlo en la casilla 8.6D		0.44	0.44
9		SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA (E) Y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 9E			1.54

El resultado de la evaluación arrojó que el proceso más viable es el de “**Lodos activados**” con una calificación de **2.46** lo que indica que la ampliación de la planta deberá hacerse bajo este proceso de tratamiento dando soporte a la sugerencia del cliente de utilizar esta tecnología.



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			ALCANCE PRELIMINAR.	Página 193 de 6					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-05					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-05

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

ALCANCE PRELIMINAR.

I. Descripción general del proyecto.

Introducción.

El cliente en conjunto con la UNAM a través de la facultad de química ha acordado el desarrollo los paquetes de ingeniería conceptual, básica, básica extendida y de detalle para el presente proyecto.

El proyecto se dividió en las siguientes secciones de la PTAR:

- Pretratamiento.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Desinfección.
- Tratamiento de lodos.
- Servicios Auxiliares.
- Edificios.
- Obras externas.

II. Descripción del alcance de la etapa de visualización.

Para el análisis de la etapa de visualización el cliente ha solicitado y estipulado en el contrato, que la Facultad de Química es responsable de desarrollar los entregables requeridos tomando en cuenta las necesidades y requerimientos del cliente de acuerdo a la información insumos e instalaciones existentes.

Documentos para la administración integral.

Los documentos para la administración del desarrollo de la etapa de visualización son:

- Análisis de riesgos del proyecto.
- Programa de actividades del proyecto.
- Acta constitutiva del proyecto.
- Lista de entregables por especialidad de ingeniería a realizar.

Evaluación y validación de la viabilidad del sitio.

El objetivo de este entregable es validar la selección del sitio para realizar las obras de acuerdo a los requerimientos y las necesidades ya que el cliente tenía la incertidumbre de donde realizar un proyecto de esta naturaleza debido a que tenía



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

tres propuestas diferentes y requería una evaluación de cual opción resultaba más viable.

Evaluación y validación de la tecnología a utilizar.

La evaluación de la tecnología en este proyecto en particular requiere de un análisis para validar el proceso seleccionado ya que la planta anteriormente operaba con un proceso que para la actualidad carece de actualizaciones técnicas que permitirían hacer más eficiente el mismo.

Por lo que se deberán plantear escenarios con los diferentes procesos y tecnología de vanguardia que serán evaluados bajo lineamientos establecidos tomando como antecedentes la evaluación de tecnologías en PTAR's de reciente construcción.

Estimado de costos clase V.

El estimado de costos clase V será realizado a partir de la información proporcionada por el cliente tomando porcentajes establecidos y aplicando índices de escalación para los diferentes rubros y que se ajusten al presupuesto establecido por la convocante de acuerdo a la precisión requerida en esta etapa.

Estimado de costos clase IV.

El estimado de costos clase IV será realizado a partir de una simulación del proceso proporcionado por el tecnólogo seleccionado, utilizando en paquete de simulación de proceso de Aspen Plus, así como del paquete de estimación de costos Aspen Process Economic Analyzer así como de Aspen Capital Cost Estimator.

Ingeniería conceptual.

Los entregables que la Facultad de Química tiene la responsabilidad de entregar como parte del alcance contratado para la etapa de visualización estarán contenidos en el paquete de ingeniería conceptual.

Paquete de ingeniería conceptual por especialidad de ingeniería.

Ingeniería de proceso.

- Requerimientos del cliente
- Capacidad de la PTAR.
- Previsión para futuras ampliaciones de la PTAR.
- Diagrama de bloques o esquema de proceso preliminar.
- Balance de materia global.
- Arreglo general de los equipos en el área delimitada.



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			EVALUACIÓN DE RIESGOS	Página 196 de 6					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-06					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-06

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

Evaluación de riesgos.

I. Objetivo.

El presente entregable tiene como finalidad, mostrar los resultados del proceso de identificación, clasificación y evaluación de riesgos dependiendo de la etapa del proyecto, ya que el análisis se hizo tanto para etapas tempranas del proyecto como para la fase de construcción, esto con la finalidad de determinar los controles en la gestión del proyecto, así como para pronosticar sucesos o escenarios en los que se contempla un impacto negativo o positivo al proyecto y que no se tienen contemplado en el contrato pero que impactarán en el desarrollo del proyecto en etapas posteriores.

II. Alcance.

El alcance de este proyecto definido por la contratante es: **“Desarrollo de ingeniería para el proyecto de diseño, construcción, equipamiento, operación, mantenimiento y conservación de la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, en el estado de Michoacán”**

Con el fin de realizar una evaluación de riesgos más precisa el alcance de este análisis será hasta la etapa de construcción de la PTAR.

III. Definiciones.

ARP: Análisis de riesgos del proyecto

Análisis CRE: Análisis que considera causas riesgos y efectos.

Incidente: Evento que puede dar como resultado una desviación en la línea base del proyecto

Riesgo: Combinación de la frecuencia, probabilidad y de las consecuencias de un evento que puede tener un impacto negativo o positivo al proyecto.

IV. Matriz de valuación de riesgos.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-06

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

No. De ID	Etapas	Riesgo identificado del proyecto	Descripción del riesgo	Efecto	Probabilidad de Ocurrencia	Severidad de Impacto
AD-01	Pre-inversión	Demora en el proyecto por falta de apoyo del Gobierno Federal	El proyecto no recibe el apoyo financiero e institucional que requiere por parte de las autoridades federales	Aumento en los costos en relación al tipo de cambio por H/H	Muy Baja	Crítico
AD-02	Licitación	Riesgo de demora en la aprobación de la adjudicación del contrato	El contrato no se suscribe en la fecha programada y retrasa el inicio del proyecto.	Perjuicios financieros.	Alta	Mínimo
AD-03	Licitación	Impugnaciones	Inconformidad ante la SFP por alguno de los participantes por el fallo de la licitación.	Retraso en el programa del proyecto.	Moderado	Despreciable
AD-04	Licitación	Falta de claridad en la licitación	La información especificada en las bases de la convocatoria no es clara en el alcance de los trabajos de ingeniería.	Atrasos por necesidad de establecer varias juntas de aclaraciones, o en el peor de los casos declarar desierto el concurso.	Baja	Mínimo
AD-05	Licitación	Bases de licitación poco específicas	Bases de licitación poco específicas que resulte en una presentación de propuestas técnicas y económicas con varianza significativa.	Propuesta económica deficiente o excesiva para el proyecto.	Baja	Severo
AD-06	Previo al inicio de los trabajos	Sociales	Oposición de colonos o grupos de la población en contra del proyecto por una mala imagen del proyecto.	Retraso en los trabajos de acondicionamiento del sitio.	Muy baja	Severo
AD-07	Construcción	Obtención de permisos	Lentitud, demora o imposibilidad de obtener el permiso de construcción en cada una de las delegaciones	Retraso en los trabajos de construcción.	Muy Baja	Moderado
AD-08	Diseño e Ingeniería	Riesgo por cambio en especificaciones	Costos adicionales por cambios en las especificaciones de cualquiera de las acciones del proyecto.	Sobrecostos no contemplados en el alcance inicial.	Muy Baja	Moderado



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-06

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

No. De ID	Etapas	Riesgo identificado del proyecto	Descripción del riesgo	Efecto	Probabilidad de Ocurrencia	Severidad de Impacto
AD-09	Programa de obra	Atraso en el programa de ejecución	Incumplimiento en la fecha de terminación del contrato por problemas no imputables al inversionista proveedor.	Multas o sanciones.	Moderado	Mínimo
AD-10	Construcción	Marchas y plantones	Atrasos en el programa de ejecución de obra por la presencia de marchas y plantones no imputables al proyecto.	Retraso en los trabajos de construcción.	Muy baja	Mínimo
AD-11	Construcción	Oposición de colonos al proyecto	Oposición de colonos, usuarios o grupos de la población en contra de la construcción, sustitución o implementación de los componentes del proyecto, entre otros.	Retraso en los trabajos de la construcción.	Muy baja	Moderado
AD-12	Construcción	Afectaciones en servicios públicos	Afectaciones por rupturas a líneas eléctricas, fibra óptica, líneas telefónicas	Aumento de sobrecostos	Baja	Mínimo
AD-13	Construcción	Afectaciones al tráfico	Afectaciones al tráfico en calles y avenidas	Desacuerdo con los patrocinadores	Moderado	Mínimo
AD-14	Construcción	Sobrecostos por incremento de los insumos del proyecto	Generación de costos adicionales por incremento de los precios de materiales como tubería y valvulería, por presiones económicas internas o exógenas.	Aumento en los sobrecostos y posible cambio en el presupuesto	Moderado	Mínimo
AD-15	Construcción	Accidentes de construcción	Generación de costos adicionales por accidentes que se presenten durante la construcción del proyecto.	Aumento en sobrecostos y posible cambio en presupuesto	Baja	Mínimo
AD-16	Operación	Riesgos de materiales de baja calidad	Que la calidad de los materiales que el inversionista proveedor suministre	Comprometer el funcionamiento en la operación de los componentes del proyecto	Baja	Moderado
AD-17	Operación	Operación	Aumento en los costos de operación y mantenimiento en comparación con el proyecto.	Utilidades menores a las proyectadas.	Alta	Moderado



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-06

ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

Probabilidad de ocurrencia		Impacto en la Calidad
Muy alto	100%-71%	Impacto muy significativo en la funcionalidad total del proyecto.
Alto	70%-51%	Impacto significativo en la funcionalidad total del proyecto.
Moderado	50%-31%	Algún Impacto en áreas claves funcionales.
Bajo	30%-11%	Menor impacto en la funcionalidad total.
Muy bajo	10%-1%	Menor impacto en las funciones secundarias.

En la matriz se puede observar el análisis realizado de acuerdo a los parámetros establecidos, del cual se puede concluir que los riesgos identificados no generarán un impacto negativo en el proyecto, o en su defecto podrán ser mitigadas con acciones correctivas durante la etapa en la que se encuentren.



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p> <p>FACULTAD DE QUÍMICA</p>		<p>ESTIMADO DE COSTOS CLASE V</p>	Página 201 de 4					
			PTARA-01-00-IPY-01-PE-07					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ	APROBÓ



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

Estimado de costos clase V.

I. Descripción del estimado.

El presente documento muestra el estimado de costos clase V, con base en los requerimientos y necesidades del cliente. El estimado fue realizado a partir de la información proporcionada por la página electrónica

https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/0848-ampliacion-de-capacidad-de-tratamiento-de-la-ptar-atapaneo/

El presente estimado se realizó con una precisión de acuerdo a lo establecido por los lineamientos de la gerencia de ingeniería de costos de PEMEX (+50 % /-30 %).

II. Información disponible.

La información disponible se limita a proporcionar solamente el monto de la inversión estimada por lo que a partir de ese monto se hará un cálculo de los conceptos que se ajusten al presupuesto.

Nombre corto del proyecto:	0848 Ampliación de capacidad de tratamiento de la PTAR Atapaneo	
Tipo de inversión:	Histórico	
Subsector:	Saneamiento de Agua	
Activo:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Ampliación) 600 litros por segundo (l/s)	
Moneda del contrato:	Inversión estimada MXN:	Inversión estimada USD:
Pesos mexicanos MXN	466,241,000	23,312,050

Los conceptos que debe incluir según la metodología propuesta son:

- Proyecto ejecutivo.
- Obra Civil y Equipamiento.
- Pretratamiento y Desarenado.
- Tratamiento Secundario.
- Desinfección.
- Digestión de lodos.
- Obras temporales.
- Manejo y deshidratado de lodos.
- Otras obras.
- Otros servicios y gastos.
- Señalización.
- Equipamiento eléctrico.
- Tuberías y válvulas.
- Instrumentación.
- Instalación mecánica.
- Supervisión.
- Urbanización.
- Módulo de tratamiento de lodos.
- Obra civil, mecánica y eléctrica del tratamiento de lodos.
- Costos indirectos.
- Contingencias.
- Monto por escalación.
- Instalación Eléctrica.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-07

ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

III. Metodología del estimado.

Dada la información proporcionada el estimado se hará de manera inversa partiendo del monto del presupuesto y asignando porcentajes a cada concepto según las recomendaciones de expertos para determinar su costo.

IV. Presentación del estimado de costos clase V.

COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO				
Partida	Subtotal	I.V.A. 16%	Total	%
Proyecto ejecutivo	16,089,851	2,574,376	18,664,227	4.90%
Obra Civil y Equipamiento	207,500,960	33,200,154	240,701,113	63.23%
Pretratamiento y Desarenado	30,246,670	4,839,467	35,086,137	9.22%
Tratamiento Secundario	115,909,682	18,545,549	134,455,231	35.32%
Desinfección	13,151,707	2,104,273	15,255,980	4.01%
Digestión de lodos	36,871,324	5,899,412	42,770,736	11.23%
Obras temporales	3,620,776	579,324	4,200,100	1.10%
Manejo y deshidratado de lodos	2,363,210	378,114	2,741,324	0.72%
Otras obras	5,337,591	854,015	6,191,606	1.63%
Otros servicios	\$73,563,915	\$11,770,226	\$85,334,141	22.42%
Señalización	364,592	58,335	422,927	0.11%
Equipamiento eléctrico	14,193,371	2,270,939	16,464,310	4.32%
Tuberías y válvulas	12,446,784	1,991,485	14,438,269	3.79%
Instrumentación	2,959,340	473,494	3,432,834	0.90%
Instalación mecánica	21,527,954	3,444,473	24,972,427	6.56%
Instalación eléctrica	10,547,550	1,687,608	12,235,158	3.21%
Supervisión	8,449,321	1,351,891	9,801,212	2.57%
Urbanización	3,075,003	492,000	3,567,003	0.94%
Módulo de tratamiento de lodos				
Obra civil, mecánica y eléctrica del tratamiento de lodos	31,027,958	4,964,473	35,992,431	9.45%
Costo directo total	328,182,683.84	52,509,229.41	380,691,913.25	100%
Costo indirecto.	65,636,537	10,501,846	76,138,383	20%
Contingencias.	7,876,384	1,260,222	9,136,606	12%
Escalación.	236,292	37,807	274,098	3%
TOTAL	401,931,896.55	64,309,103.45	466,241,000.00	

Financiamiento	%	Monto (\$)	Monto con I.V.A. (\$)	Monto (\$)
Capital privado	51%	204,985,267.24	32,797,642.76	237,782,910.00
FONADIN	49%	196,946,629.31	31,511,460.69	228,458,090.00
SUMA	100%	401,931,896.55	64,309,103.45	466,241,000.00



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			PAQUETE DE INGENIERÍA CONCEPTUAL	Página 204 de 2					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-08					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-08

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

PAQUETE DE INGENIERÍA CONCEPTUAL.

En esta sección se deberán incluir los siguientes entregables:

- Evaluación de los requerimientos técnicos del cliente.
- Previsión para futuras ampliaciones de la PTAR.
- Diagrama de bloques o esquema de proceso preliminar.
- Balance de materia global.
- Arreglo general de los equipos en el área delimitada.



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			EVALUACIÓN PDRI	Página 206 de 2					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-09					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-09

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

SECTION I - BASIS OF PROJECT DECISION

CATEGORY Element	Definition Level						Score	Comments
	0	1	2	3	4	5		
A. MANUFACTURING OBJECTIVES CRITERIA								
A1. Reliability Philosophy							5	
A2. Maintenance Philosophy							5	
A3. Operating Philosophy							5	
B. BUSINESS OBJECTIVES								
B1. Products							1	
B2. Market Strategy							1	
B3. Project Strategy							1	
B4. Affordability/Feasibility							1	
B5. Capacities							3	
B6. Future Expansion Considerations							5	
B7. Expected Project Life Cycle							4	
B8. Social Issues							1	
C. BASIC DATA RESEARCH & DEVELOPMENT								
C1. Technology							1	
C2. Processes							1	
D. PROJECT SCOPE								
D1. Project Objectives Statement							1	
D2. Project Design Criteria							5	
D3. Site Characteristics							1	
D4. Dismantling and Demolition							5	
D5. Lead/Discipline Scope of Work							5	
D6. Project Schedule							1	
E. VALUE ENGINEERING								
E1. Process Simplification							5	
E2. Design & Material Alternatives Considered/Rejected							5	
E3. Design for Constructability Analysis							5	



SECTION II - BASIS OF DESIGN							
CATEGORY	Definition Level					Score	Comments
Element	0	1	2	3	4	5	
F. SITE INFORMATION							
F1. Site Location						1	
F2. Surveys & Soil Tests						1	
F3. Environmental Assessment						1	
F4. Permit Requirements						5	
F5. Utility Sources with Supply Conditions						5	
F6. Fire Protection & Safety Considerations						5	
G. PROCESS/MECHANICAL							
G1. Process Flow Sheets						5	
G2. Heat & Material Balances						5	
G3. Piping and Instrumentation Diagrams(P&ID's)						5	
G4. Process Safety Management (PSM)						5	
G5. Utility Flow Diagrams						5	
G6. Specifications						5	
G7. Piping System Requirements						5	
G8. Plot Plan						5	
G9. Mechanical Equipment List						5	
G10. Line List						5	
G11. Tie-In List						5	
G12. Piping Specialty Items List						5	
G13. Instrument Index						5	
H. EQUIPMENT SCOPE							
H1. Equipment Status						5	
H2. Equipment Location Drawings						5	
H3. Equipment Utility Requirements						5	
I. CIVIL, STRUCTURAL, & ARCHITECTURAL							
I1. Civil/Structural Requirements						5	
I2. Architectural Requirements						5	
J. INFRASTRUCTURE							
J1. Sludge Treatment Requirements						5	
J2. Loading/Unload./Storage						5	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-09

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN

CATEGORY	Definition Level						Score	Comments
Element	0	1	2	3	4	5		
J3. Transportation Requirements							5	
K. INSTRUMENT & ELECTRICAL								
K1. Control Philosophy							5	
K2. Logic Diagrams							5	
K3. Electrical Area Classifications							5	
K4. Substation Req'mts							5	
K5. Electric Single Line Diagrams							5	
K6. Instrument & Electrical Specifications							5	

SECTION III - EXECUTION APPROACH

CATEGORY	Definition Level						Score	Comments
Element	0	1	2	3	4	5		
L. PROCUREMENT STRATEGY								
L1. Identify Long Lead/Critical Equipment & Mat.							5	
L2. Procurement Procedures and Plans							5	
L3. Procurement Responsibility Matrix							5	
M. DELIVERABLES								
M1. CADD/Model Requirements							5	
M2. Deliverables Defined							5	
M3. Distribution Matrix							5	
N. PROJECT CONTROL								
N1. Project Control Requirements							5	
N2. Project Accounting Requirements							5	
N3. Risk Analysis							5	
P. PROJECT EXECUTION PLAN								
P1. Owner Approval Requirements							1	
P2. Engineering/Construction							4	
P3. Shut Down/Turn-Around Requirements							5	
P4. Pre-Commiss. Req'mts.							5	
P5. Startup Requirements							5	
P6. Training Requirements							5	



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			ESTUDIOS PRELIMINARES	Página 210 de 2					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-10					
FACULTAD DE QUÍMICA										
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-10

ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

ESTUDIOS PRELIMINARES.

Este entregable deberá contener los siguientes estudios.

- I. HAZOP**
- II. EIA – Estudio de Impacto Ambiental**
- III. SIL (Safety Integrity Level)**
- IV. Análisis Cuantitativo de Riesgos**
- V. Estudio de Suelos**
- VI. Relevamiento Topográfico**
- VII. Estudios hidrológicos**



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
0	19/03/2020	APROBADO

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			BASES DE DISEÑO DE INGENIERÍA	Página 212 de 3			
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-11			
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ	APROBÓ



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

BASES DE DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA, BÁSICA EXTENDIDA Y DE DETALLE.

Este entregable deberá contener los siguientes rubros:

I. Alcance

- a) Propósito.
- b) Alcance del trabajo.
- c) Alternativas de diseño.

II. Códigos y estándares aplicables.

III. Criterios generales de diseño.

- a) Introducción
- b) Descripción del proceso.
- c) Factor de servicio.
- d) Condiciones Ambientales para diseño.
- e) Servicios auxiliares requeridos.
 - ❖ Aire de Instrumentos.
 - ❖ Aire de la planta.
 - ❖ Agua de servicio.
 - ❖ Energía eléctrica.
 - ❖ Drenaje pluvial.

IV. Bases de diseño de equipos y tuberías.

- a) Dimensionamiento de Tubería.
- b) Diseño Estructural.
- c) Materiales.
- d) Pintura.
- e) Límites de esfuerzo permisibles.
- f) Mantenimiento y vida útil de equipo.
- g) Pruebas.
- h) Análisis del agua residual cruda y del agua tratada.
- i) Criterios generales de diseño para dimensionamiento de equipo.
- j) Tanques biológicos.
- k) Bombas de aguas sobrenadantes, alimentación a reactores y recirculación de lodos.
- l) Bombas de manejo de lodos.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-11

ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

m) Tubería.

- ❖ Arreglo de tubería.
- ❖ Análisis de esfuerzos en tubería.
- ❖ Requerimientos para tubería y accesorios.
- ❖ Válvulas.

- V. **Bases de diseño área del recepción y pretratamiento de agua cruda.**
- VI. **Bases de diseño del área del reactor biológico (BIO-P, zonas anóxicas).**
- VII. **Bases de diseño área de lodos activados.**
- VIII. **Bases de diseño área clarificación.**
- IX. **Bases de diseño área de cloración.**
- X. **Bases de diseño área digestión anaerobia de lodos.**
- XI. **Bases de diseño área de manejo de lodos.**
- XII. **Bases de diseño área de drenaje.**
- XIII. **Bases de diseño áreas exteriores.**
- XIV. **Bases de diseño para requerimientos eléctricos.**
- XV. **Bases de diseño de instrumentación y control.**
- XVI. **Bases de diseño del sistema de protección contra incendio.**



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			ALCANCE DEFINITIVO	Página 215 de 3					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-12					
FACULTAD DE QUÍMICA										
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-12

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

ALCANCE DEFINITIVO.

I. Descripción general del proyecto.

Introducción.

Con la finalidad de proteger la salud pública, la preservación de la zona y evitar daño ecológico en el Río Grande el cliente requiere de una solución integral con respecto al aumento del flujo de aguas residuales.

Por tal motivo se ha proyectado la ampliación de de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atapaneo, con este proyecto se logrará tratar el agua residual en su totalidad proveniente del municipio de Morelia.

El cliente en conjunto con la UNAM a través de la facultad de química ha acordado el desarrollo los paquetes de ingeniería conceptual, básica, básica extendida y de detalle para el presente proyecto.

El proyecto se dividió en las siguientes secciones de la PTAR:

- Pretratamiento.
- Tratamiento primario.
- Tratamiento secundario.
- Desinfección.
- Tratamiento de lodos.

A su vez las especialidades que desarrollará el paquete de ingeniería básica, son las siguientes:

- Proyectos.
- Proceso
- Eléctrica
- Civil.
- Mecánica.
- Tubería e Instrumentación

II. Descripción del alcance de la etapa de conceptualización.

El cliente ha contratado los servicios de la facultad de Química a través de la UNAM para desarrollar el paquete de ingeniería requerida para la fase de conceptualización del proyecto "Ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, en el estado de Michoacán." De 1200 L/s a 1800 L/s es decir 600 L/s adicionales al flujo medio actual.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-12

ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

Para el análisis de la etapa de conceptualización el cliente ha solicitado y estipulado en el contrato, que la Facultad de Química es responsable de desarrollar los entregables requeridos tomando en cuenta las necesidades y requerimientos del cliente de acuerdo a la información insumos e instalaciones existentes propiedad del cliente.

A continuación, se muestran los documentos de ingeniería y documentos complementarios que la Facultad de Química tiene la responsabilidad de entregar:

Documentos para la administración integral.

Dentro del alcance contratado se encuentra la administración del proyecto para el desarrollo de la ingeniería por lo que serán entregados al cliente una serie de entregables que tendrán como objetivo documentar la planeación, organización, dirección y control del proyecto.

Los documentos para la administración del desarrollo de la ingeniería son:

- Organigrama del equipo para el proyecto.
- Estudios preliminares.
- Bases de diseño de ingeniería.
- Paquete de ingeniería básica.
- Estimado de costos clase III
- Paquete de Ingeniería básica extendida.
- Paquete de Ingeniería de Detalle.
- Evaluaciones PDR



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			ESTIMADO DE COSTOS CLASE III	Página 218 de 3					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-14					
FACULTAD DE QUÍMICA										
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-14

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

I. Descripción del estimado de costos.

El presente entregable muestra el estimado de costos clase III elaborado por la Facultad de Química de la UNAM, con base en los requerimientos y necesidades del cliente.

Este estimado ha sido elaborado a partir de información de ingeniería de la compañía adjudicataria del contrato.

La precisión que tiene el estimado de costos se referencia a los intervalos sugeridos por PEMEX TI para un estimado de esta clase, considerando una desviación de +25%/-15%.

II. Información disponible

Con base en la información de ingeniería básica y la información que el software de ACCE proporciona se estimaron los costos totales de la planta que se dividen en:

- a) Costo directo de los equipos.
- b) Maquinaria
- c) Integración y obra civil.
- d) Ingeniería básica.
- e) Ingeniería de detalle.
- f) Arranque y puesta en operación.
- g) Licencias y permisos.

III. Metodología del estimado

La realización del presente estimado de costos clase III, corresponde a la metodología ACCE descrita en la "Guía para la administración de proyectos aplicada a una planta de tratamiento de aguas residuales municipales"

IV. Presentación del estimado de costos clase III



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-14

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20



Aspen ICARUS

Project Cost Summary by Contractor

Proyecto:	PTAR ATAPANEO	Elaborado por:	José Ángel López Díaz	Scenario Name:	PTAR ATAPANEO MICHOACAN
Nombre del proyecto:	Proyecto Tesis: PTAR ATAPANEO	Moneda:	DOLLARS USD	Materia:	Posgrado Ingeniería
Localización del proyecto:		Revisión:	REV 0	Semestre:	N/A
Fecha del estimado:	27-jul-20	Clase del estimado:	Clase III		

Account	MH	Wage Rate	Labor Cost	Matl Cost	Total Cost	Percentages
(2) Equipment	13,798	18.77	258,935	2,911,795	\$3,170,730.79	21.1% of TDC
(3) Piping	91,780	19.21	1,763,338	1,999,215	\$3,762,553.68	25.0% of TDC
(4) Civil	224,118	15.49	3,471,281	2,151,524	\$5,622,804.93	37.4% of TDC
(5) Steel	302	17.82	5,384	13,651	\$19,035.03	0.1% of TDC
(6) Instruments	6,888	19.58	134,870	474,423	\$609,293.33	4.1% of TDC
(7) Electrical	26,191	18.87	494,173	1,016,835	\$1,511,008.11	10.1% of TDC
(8) Insulation	1,605	14.58	23,402	14,525	\$37,927.40	0.3% of TDC
(9) Paint	15,961	14.27	227,835	64,409	\$292,243.49	1.9% of TDC
Total Direct Field Costs	282,491		6,379,219	8,646,378	\$15,025,596.76	100.0% of TDC
	(TDMH)		(TDL)	(TDM)		(TDC)

Concepto	Costo	% del costo
FLETES, GASTOS DE ADUANA, SEGUROS, MANIOBRAS Y REFACCIONAMIENTO (NO INCLUYE REFACCIONAMIENTO EQUIPO MAYOR)	\$ 751,279.84	5%
RENTA DE MAQUINARIA, (Renta de equipo, herramienta menor, andamios y consumibles)	\$ 361,109.09	
INGENIERIA BÁSICA, DETALLE Y COMPLEMENTARIA	\$ 340,659.00	2%
Permisos	\$ 150,255.97	1%
PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA	\$ 601,023.87	4%
DESMANTELAMIENTOS	\$ 170,695.05	1%
COSTO DIRECTO TOTAL	\$ 17,400,619.58	
SOBRECOSTO (Indirectos de oficinas centrales, de campo, utilidad y financiamiento)	\$ 2,343,759.91	13.5%
SUBTOTAL DEL PROYECTO	\$ 19,744,379.49	
CONTINGENCIAS	\$ 1,347,170.94	6.82%
ESCALACIÓN	\$ 492,935.91	3%
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 21,584,486.34	

Notas:

- 1) El estimado de costos se encuentra en dolares americanos a julio de 2020
- 2) El costo de los equipos fue estimado empleando el sistema Aspen Capital Cost Estimator
- 3) El estimado de costos fue elaborado con información de ingeniería de la contratista adjudicada al contrato



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA						EVALUACIÓN PDRI 2	Página 221 de 3		
								PTARA-01-00-IPY-01-PE-15		
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-15

ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

SECTION I - BASIS OF PROJECT DECISION

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
A. MANUFACTURING OBJECTIVES CRITERIA							
A1. Reliability Philosophy						3	
A2. Maintenance Philosophy						4	
A3. Operating Philosophy						4	
B. BUSINESS OBJECTIVES							
B1. Products						2	
B2. Market Strategy						2	
B3. Project Strategy						2	
B4. Affordability/Feasibility						2	
B5. Capacities						2	
B6. Future Expansion Considerations						2	
B7. Expected Project Life Cycle						2	
B8. Social Issues						2	
C. BASIC DATA RESEARCH & DEVELOPMENT							
C1. Technology						1	
C2. Processes						1	
D. PROJECT SCOPE							
D1. Project Objectives Statement						1	
D2. Project Design Criteria						3	
D3. Site Characteristics						3	
D4. Dismantling and Demolition						5	
D5. Lead/Discipline Scope of Work						3	
D6. Project Schedule						2	
E. VALUE ENGINEERING							
E1. Process Simplification						3	
E2. Design & Material Alternatives Considered/Rejected						5	
E3. Design for Constructability Analysis						5	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-15

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
F. SITE INFORMATION							
F1. Site Location						2	
F2. Surveys & Soil Tests						2	
F3. Environmental Assessment						2	
F4. Permit Requirements						2	
F5. Utility Sources with Supply Conditions						3	
F6. Fire Protection & Safety Considerations						3	
G. PROCESS/MECHANICAL							
G1. Process Flow Sheets						3	
G2. Heat & Material Balances						3	
G3. Piping and Instrumentation Diagrams(P&ID's)						3	
G4. Process Safety Management (PSM)						3	
G5. Utility Flow Diagrams						3	
G6. Specifications						3	
G7. Piping System Requirements						3	
G8. Plot Plan						3	
G9. Mechanical Equipment List						3	
G10. Line List						3	
G11. Tie-In List						3	
G12. Piping Specialty Items List						3	
G13. Instrument Index						3	
H. EQUIPMENT SCOPE							
H1. Equipment Status						5	
H2. Equipment Location Drawings						5	
H3. Equipment Utility Requirements						5	
I. CIVIL, STRUCTURAL, & ARCHITECTURAL							
I1. Civil/Structural Requirements						3	
I2. Architectural Requirements						3	
J. INFRASTRUCTURE							
J1. Sludge Treatment Requirements						4	
J2. Loading/Unload./Storage						4	



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN

CATEGORY	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
Element							
J3. Transportation Requirements						5	
K. INSTRUMENT & ELECTRICAL							
K1. Control Philosophy						3	
K2. Logic Diagrams						3	
K3. Electrical Area Classifications						3	
K4. Substation Req'mts						3	
K5. Electric Single Line Diagrams						3	
K6. Instrument & Electrical Specifications						3	

SECTION III - EXECUTION APPROACH

CATEGORY	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
Element							
L. PROCUREMENT STRATEGY							
L1. Identify Long Lead/Critical Equipment & Mat.						5	
L2. Procurement Procedures and Plans						5	
L3. Procurement Responsibility Matrix						5	
M. DELIVERABLES							
M1. CADD/Model Requirements						5	
M2. Deliverables Defined						5	
M3. Distribution Matrix						5	
N. PROJECT CONTROL							
N1. Project Control Requirements						2	
N2. Project Accounting Requirements						3	
N3. Risk Analysis						3	
P. PROJECT EXECUTION PLAN							
P1. Owner Approval Requirements						3	
P2. Engineering/Construction						3	
P3. Shut Down/Turn-Around Requirements						5	
P4. Pre-Commis. Req'mts.						5	
P5. Startup Requirements.						5	
P4. Training Requirements.						5	



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO			EVALUACIÓN PDRI 2i	Página 225 de 4					
					PTARA-01-00-IPY-01-PE-17					
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	

SECTION I - BASIS OF PROJECT DECISION								
CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments	
	0	1	2	3	4			5
A. MANUFACTURING OBJECTIVES CRITERIA								
A1. Reliability Philosophy						2		
A2. Maintenance Philosophy						2		
A3. Operating Philosophy						2		
B. BUSINESS OBJECTIVES								
B1. Products						1		
B2. Market Strategy						1		
B3. Project Strategy						1		
B4. Affordability/Feasibility						1		
B5. Capacities						1		
B6. Future Expansion Considerations						1		
B7. Expected Project Life Cycle						1		
B8. Social Issues						1		
C. BASIC DATA RESEARCH & DEVELOPMENT								
C1. Technology						1		
C2. Processes						1		
D. PROJECT SCOPE								
D1. Project Objectives Statement						2		
D2. Project Design Criteria						2		
D3. Site Characteristics						2		
D4. Dismantling and Demolition						2		
D5. Lead/Discipline Scope of Work						2		
D6. Project Schedule						2		
E. VALUE ENGINEERING								
E1. Process Simplification						2		
E2. Design & Material Alternatives Considered/Rejected						2		
E3. Design for Constructability Analysis						2		



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN							
CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
F. SITE INFORMATION							
F1. Site Location						2	
F2. Surveys & Soil Tests						2	
F3. Environmental Assessment						2	
F4. Permit Requirements						2	
F5. Utility Sources with Supply Conditions						2	
F6. Fire Protection & Safety Considerations						2	
G. PROCESS/MECHANICAL							
G1. Process Flow Sheets						2	
G2. Heat & Material Balances						2	
G3. Piping and Instrumentation Diagrams(P&ID's)						2	
G4. Process Safety Management (PSM)						2	
G5. Utility Flow Diagrams						2	
G6. Specifications						2	
G7. Piping System Requirements						2	
G8. Plot Plan						2	
G9. Mechanical Equipment List						2	
G10. Line List						2	
G11. Tie-In List						2	
G12. Piping Specialty Items List						2	
G13. Instrument Index						2	
H. EQUIPMENT SCOPE							
H1. Equipment Status						3	
H2. Equipment Location Drawings						3	
H3. Equipment Utility Requirements						3	
I. CIVIL, STRUCTURAL, & ARCHITECTURAL							
I1. Civil/Structural Requirements						2	
I2. Architectural Requirements						2	
J. INFRASTRUCTURE							
J1. Sludge Treatment Requirements						3	
J2. Loading/Unload./Storage						3	



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments	
	0	1	2	3	4			5
J3. Transportation Requirements							3	
K. INSTRUMENT & ELECTRICAL								
K1. Control Philosophy							3	
K2. Logic Diagrams							3	
K3. Electrical Area Classifications							3	
K4. Substation Req'mts							3	
K5. Electric Single Line Diagrams							3	
K6. Instrument & Electrical Specifications							3	

SECTION III - EXECUTION APPROACH

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments	
	0	1	2	3	4			5
L. PROCUREMENT STRATEGY								
L1. Identify Long Lead/Critical Equipment & Mat.							5	
L2. Procurement Procedures and Plans							5	
L3. Procurement Responsibility Matrix							5	
M. DELIVERABLES								
M1. CADD/Model Requirements							3	
M2. Deliverables Defined							3	
M3. Distribution Matrix							3	
N. PROJECT CONTROL								
N1. Project Control Requirements							2	
N2. Project Accounting Requirements							2	
N3. Risk Analysis							2	
P. PROJECT EXECUTION PLAN								
P1. Owner Approval Requirements							1	
P2. Engineering/Construction							2	
P3. Shut Down/Turn-Around Requirements							2	
P4. Pre-Commiss. Req'mts.							2	
P5. Startup Requirements.							2	
P4. Training Requirements.							2	



**ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE,
ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DE MORELIA**

CONTRATO PTAR-ATAP-1903/2020

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y
CONSERVACIÓN DE LA AMPLIACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES ATAPANEO, EN EL ESTADO DE MICHOACÁN.”
ETAPA-1 INGENIERÍA**

0	19/03/2020	APROBADO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA						EVALUACIÓN PDRI 3	Página 229 de 2		
								PTARA-01-00-IPY-01-PE-19		
ELABORÓ	JALD	REVISÓ	JMMC	APROBÓ	JAOR	CLIENTE	REVISÓ		APROBÓ	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-19

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

SECTION I - BASIS OF PROJECT DECISION

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
A. MANUFACTURING OBJECTIVES CRITERIA							
A1. Reliability Philosophy						1	
A2. Maintenance Philosophy						1	
A3. Operating Philosophy						1	
B. BUSINESS OBJECTIVES							
B1. Products						1	
B2. Market Strategy						1	
B3. Project Strategy						1	
B4. Affordability/Feasibility						1	
B5. Capacities						1	
B6. Future Expansion Considerations						1	
B7. Expected Project Life Cycle						1	
B8. Social Issues						1	
C. BASIC DATA RESEARCH & DEVELOPMENT							
C1. Technology						1	
C2. Processes						1	
D. PROJECT SCOPE							
D1. Project Objectives Statement						1	
D2. Project Design Criteria						1	
D3. Site Characteristics						1	
D4. Dismantling and Demolition						1	
D5. Lead/Discipline Scope of Work						1	
D6. Project Schedule						1	
E. VALUE ENGINEERING							
E1. Process Simplification						1	
E2. Design & Material Alternatives Considered/Rejected						1	
E3. Design for Constructability Analysis						1	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA



PTARA-01-00-IPY-01-PE-19

ELABORÓ

JALD

REVISÓ

JMMC

APROBÓ

JAOR

FECHA

MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
F. SITE INFORMATION							
F1. Site Location						1	
F2. Surveys & Soil Tests						1	
F3. Environmental Assessment						1	
F4. Permit Requirements						1	
F5. Utility Sources with Supply Conditions						1	
F6. Fire Protection & Safety Considerations						1	
G. PROCESS/MECHANICAL							
G1. Process Flow Sheets						1	
G2. Heat & Material Balances						1	
G3. Piping and Instrumentation Diagrams(P&ID's)						1	
G4. Process Safety Management (PSM)						1	
G5. Utility Flow Diagrams						1	
G6. Specifications						1	
G7. Piping System Requirements						1	
G8. Plot Plan						1	
G9. Mechanical Equipment List						1	
G10. Line List						1	
G11. Tie-In List						1	
G12. Piping Specialty Items List						1	
G13. Instrument Index						1	
H. EQUIPMENT SCOPE							
H1. Equipment Status						2	
H2. Equipment Location Drawings						1	
H3. Equipment Utility Requirements						2	
I. CIVIL, STRUCTURAL, & ARCHITECTURAL							
I1. Civil/Structural Requirements						1	
I2. Architectural Requirements						1	
J. INFRASTRUCTURE							
J1. Sludge Treatment Requirements						1	
J2. Loading/Unload./Storage						1	



ELABORÓ	JALD
REVISÓ	JMMC
APROBÓ	JAOR
FECHA	MAR-20

SECTION II - BASIS OF DESIGN

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
J3. Transportation Requirements						2	
K. INSTRUMENT & ELECTRICAL							
K1. Control Philosophy						1	
K2. Logic Diagrams						1	
K3. Electrical Area Classifications						1	
K4. Substation Req'mts						1	
K5. Electric Single Line Diagrams						1	
K6. Instrument & Electrical Specifications						1	

SECTION III - EXECUTION APPROACH

CATEGORY Element	Definition Level					Score	Comments
	0	1	2	3	4		
L. PROCUREMENT STRATEGY							
L1. Identify Long Lead/Critical Equipment & Mat.						4	
L2. Procurement Procedures and Plans						4	
L3. Procurement Responsibility Matrix						4	
M. DELIVERABLES							
M1. CADD/Model Requirements						1	
M2. Deliverables Defined						3	
M3. Distribution Matrix						3	
N. PROJECT CONTROL							
N1. Project Control Requirements						1	
N2. Project Accounting Requirements						1	
N3. Risk Analysis						1	
P. PROJECT EXECUTION PLAN							
P1. Owner Approval Requirements						1	
P2. Engineering/Construction						3	
P3. Shut Down/Turn-Around Requirements						3	
P4. Pre-Commiss. Req'mts.						3	
P5. Startup Requirements.						3	
P4. Training Requirements.						3	

Capítulo 6 Conclusiones.

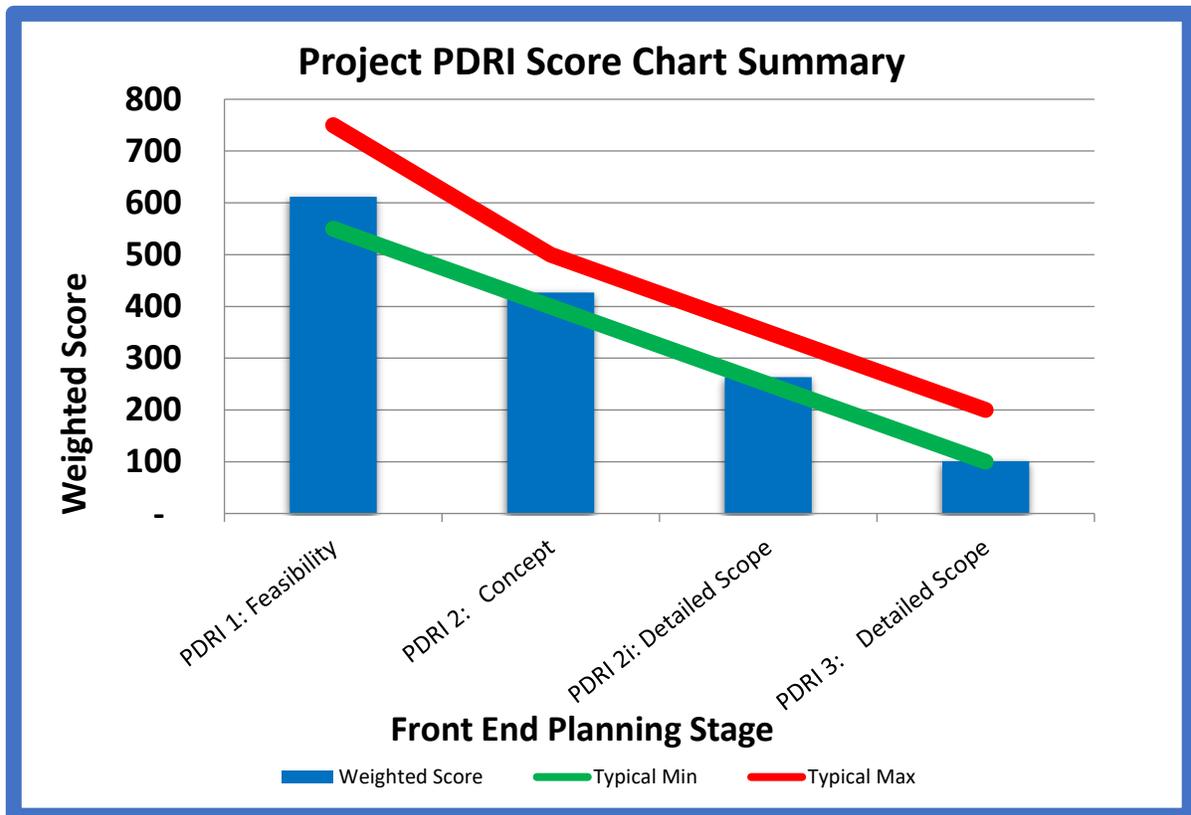
Conclusiones del caso de estudio.

La realización de este proyecto estratégico contribuye con el proceso de la construcción de la PTAR Atapaneo, formando bases sólidas para las etapas de procura, construcción y operación del complejo de tratamiento que abastecerá a las comunidades agrícolas cercanas al Río Grande.

Al realizar el cronograma y compararlo con las fechas establecidas por la autoridad encargada del proyecto se concluye con que se cuenta un mes de holgura con respecto a la fecha tentativa de inicio de construcción lo que sugiere que los trabajos de construcción podrían comenzar mucho antes de lo previsto. Con base en que los entregables necesarios para inicio de obra estén aprobados para construcción a finales del tercer mes de haber iniciado el proyecto.

Lo anterior sugiere que de seguir la línea base del proyecto como se propone en este caso de estudio se produciría un ahorro de recursos del 4% lo que representa un margen de utilidad bruta en términos monetarios de \$19,426,708.33 MX.

Con respecto a la viabilidad del proyecto se ajustó el modelo PDRI y en todas las evaluaciones de factibilidad se tenían resultados aceptables con respecto a los parámetros establecidos por la CII, a continuación, se presentan las gráficas que muestran los resultados de la evaluación.



Conclusiones generales.

Después de recopilar y analizar diversas practicas dentro de la ingeniería y administración de proyectos aunado al conocimiento empírico de diversos especialistas en el ámbito del proceso de la realización de proyectos, se pudo obtener la presente guía que propone una metodología para la administración de proyectos de ingeniería en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales lo que nos ha dado como resultado el poder integrar la información mínima necesaria para establecer las actividades, el tiempo de elaboración, los costos asociados y los parámetros de calidad para la emisión de los entregables de ingeniería asociados al diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, así mismo se realizó un compendio de los entregables necesarios para la ingeniería de una planta de tratamiento de aguas residuales por el proceso de lodos activados que pueden ser escalados dependiendo de los requerimientos del proyecto.

El desarrollo de esta guía establece que se potencializaran los factores de éxito en el cumplimiento de los objetivos del proyecto involucrando los conceptos estratégicos proporcionados por las metodologías de instituciones reconocidas a nivel nacional e internacional tales como, PMI, CII, IPA, PEMEX e IMP. Teniendo como finalidad mejorar y fortalecer la ejecución de proyectos desde la etapa de planeación e ingeniería.

De igual manera la presente guía propone un perfil técnico tanto como para el administrador del proyecto como para especialistas de ingeniería que participan, en el proyecto.

Tal y como se dijo al principio de este documento se tomó como base para la elaboración de la presente guía la metodología FEL, ya que, mediante el establecimiento de compuertas, se logra tener un mayor control y supervisión de los entregables de ingeniería en cada etapa del proyecto.

Finalmente se logró enriquecer todos los conceptos mencionados en la presente guía en un caso de estudio, donde se presentan un grupo de entregables que fueron elaborados para ejemplificar una propuesta metodológica que se aplicó a un proyecto real tomando como datos de partida la información proporcionada por las autoridades gubernamentales y la compañía adjudicataria del contrato del proyecto de *“Diseño, construcción, equipamiento, operación, mantenimiento y conservación de la ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, en el estado de Michoacán.”- ETAPA-1 INGENIERÍA.* Evaluando satisfactoriamente mediante el modelo de PDRI para cada etapa propuesta del proyecto.

Así mismo se logró la introducción del proceso de estimación de costos de ACCE, debido a que es una metodología de vanguardia y poco utilizada en el sector medioambiental para el desarrollo de estimados de costos de inversión en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

A lo largo de los capítulos de la presente guía se logra tener un enfoque administrativo en el ámbito de la realización de proyectos de ingeniería, tomado como punto central la interacción que tienen las diferentes especialidades de ingeniería que participan en el desarrollo del proyecto.

Área de oportunidad

Como ya se ha mencionado con anterioridad un campo importante donde se necesita la innovación de metodologías para el trabajo en equipo es el de la realización de proyectos industriales, así mismo dentro de este abanico de proyectos se debe considerar primordialmente aquellos que ayuden a preservar los recursos naturales no renovables e indispensables para la vida humana como lo son las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, por lo que se debe contribuir constantemente a la investigación y elaboración de trabajos escritos donde se incluyan aspectos técnicos y administrativos que contemplen las recomendaciones para llevar a cabo la totalidad de las actividades del ciclo de vida de un proyecto desde el diseño hasta su desmantelamiento.

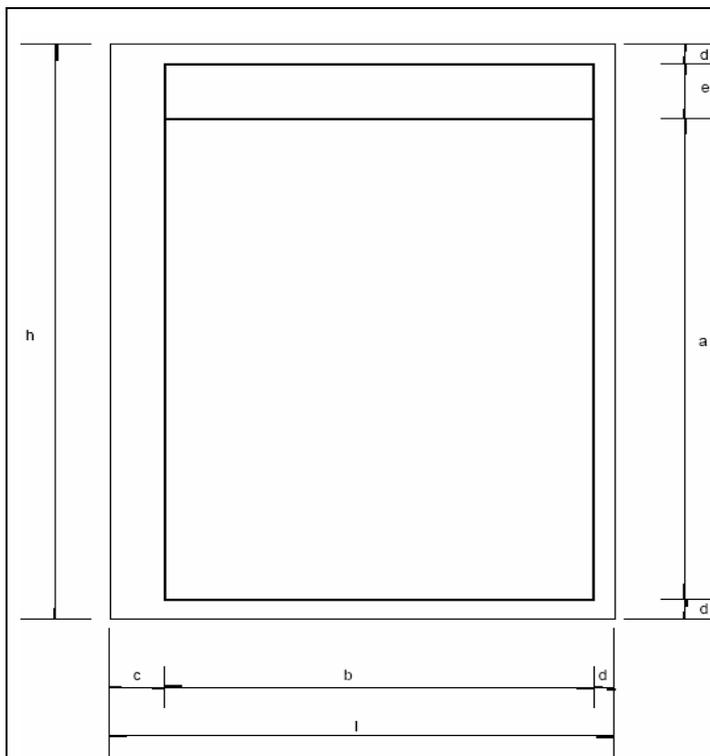
Bajo esta premisa fue que se desarrolló la presente guía que dentro de su alcance considera la interacción de diferentes grupos de trabajo y como poder realizar una correcta ejecución tomando como base las recomendaciones propuestas, que son un compendio de conceptos de metodologías nacionales e internacionales, experiencias y lecciones aprendidas de compañías, firmas de ingeniería, contratistas y sobre todo de especialistas que han desarrollado un amplio conocimiento a lo largo de su vida laboral, así mismo se integran conocimientos y técnicas de vanguardia que fueron adquiridos por el autor en el programa de posgrado de ingeniería de la UNAM.

Ahora bien, en el tema propio de la administración de proyectos de ingeniería se debe considerar que día a día se realizan aportaciones como la presente guía a nivel mundial que contribuyen en la creación de nuevas formas de administrar proyectos por lo que es indispensable pulir o contribuir a proporcionar un nivel de definición más amplio cada aspecto mencionado en estos trabajos de investigación, lo cual pudiese ser realizado por un equipo multidisciplinario de especialistas que pudieran aportar un valor agregado con sus conocimientos y recomendaciones en cada etapa del desarrollo de proyectos para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

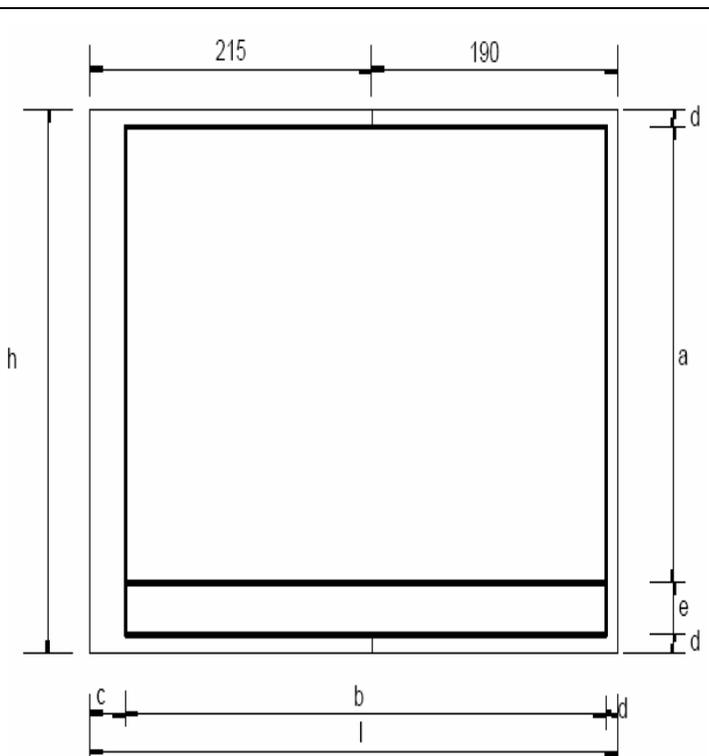
Al desarrollar la presente guía se consigue sentar un precedente en el desarrollo de un compendio de guías que agrupen tanto los conocimientos necesarios para realizar la ingeniería, como los conocimientos para realizar la procura, la etapa de construcción y la operación de este tipo de complejos de saneamiento de agua, desde un enfoque multidisciplinario de ingeniería y administración de proyectos.

Anexos

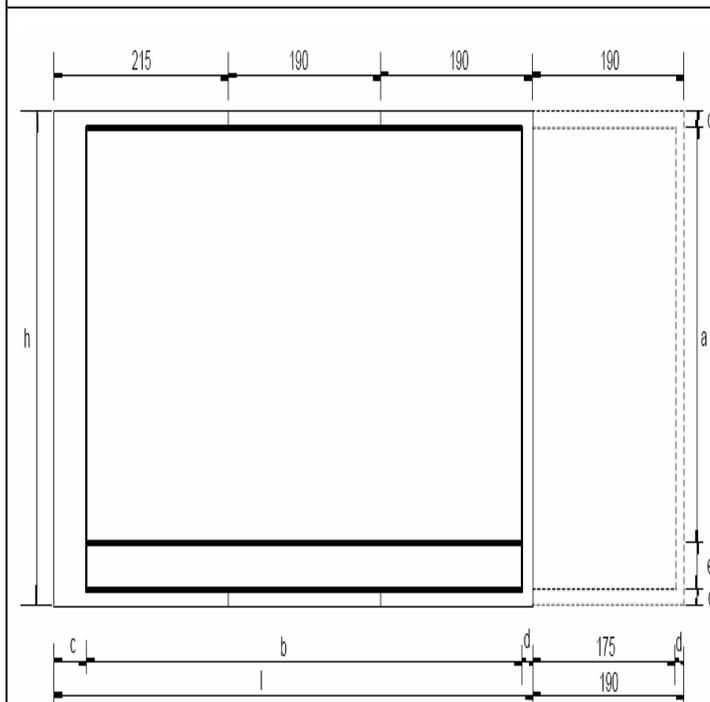
Anexo "1" Tamaño de Planos (Acotaciones en milímetros)



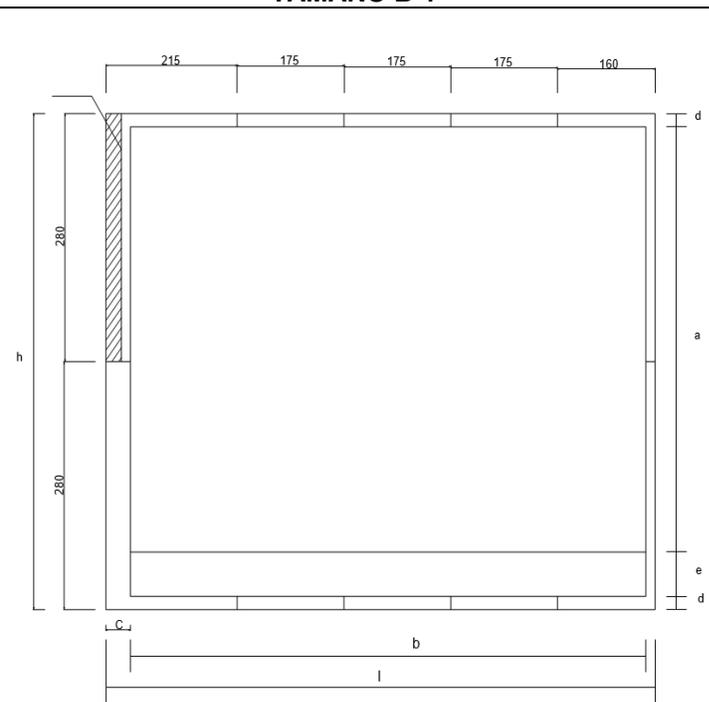
TAMAÑO A



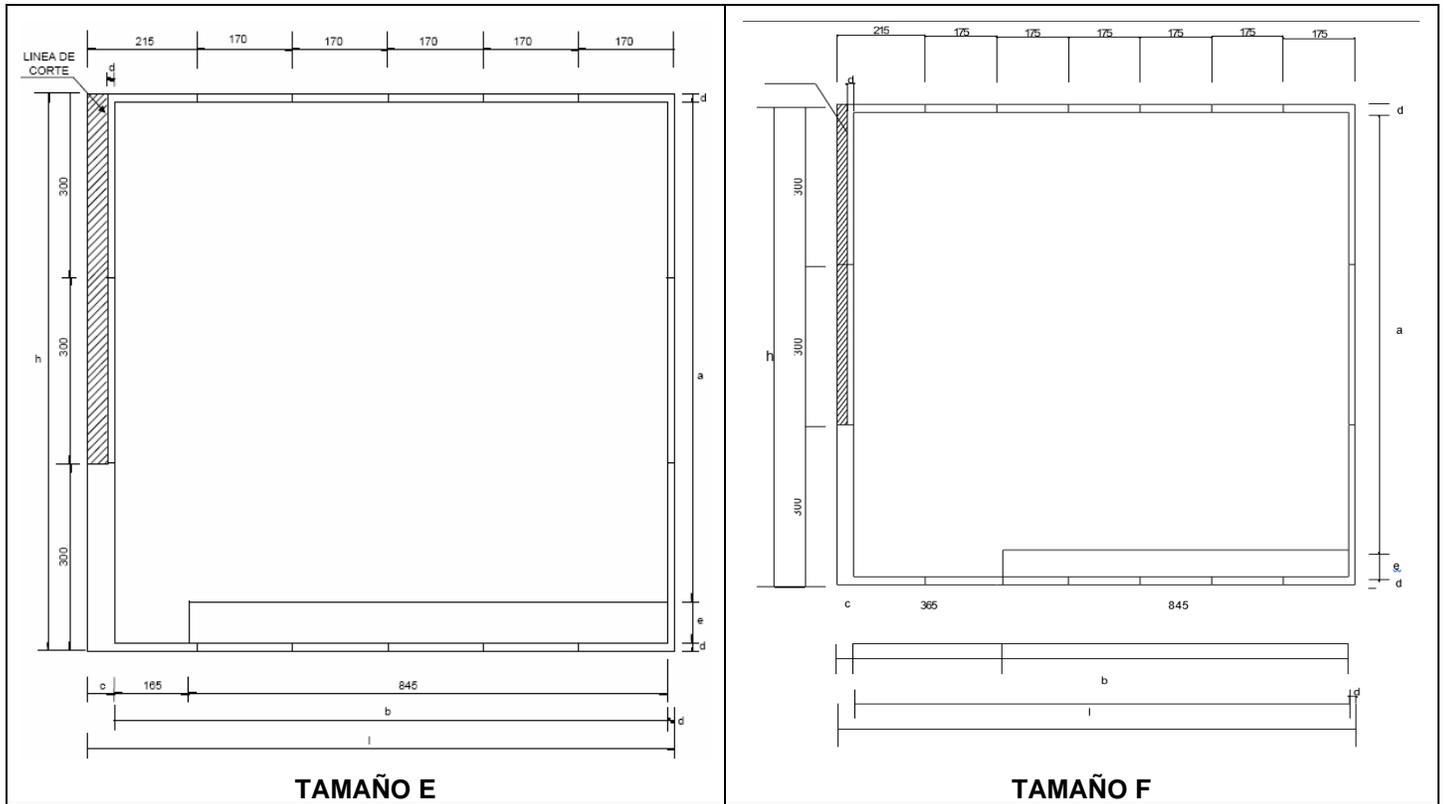
TAMAÑO B-1



TAMAÑO B-2 y B-3



TAMAÑO D



Anexo “2” Cuadros de identificación de documentos y planos

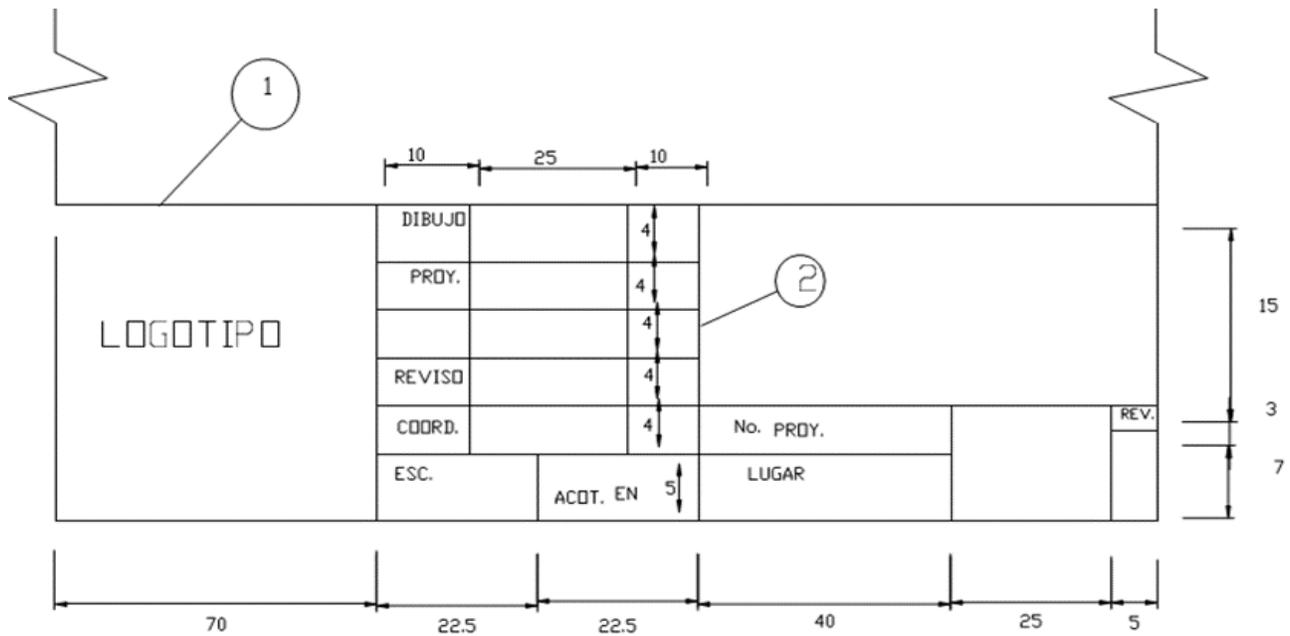


FIGURA 1

ANEXO " 2"
 CUADROS DE IDENTIFICACION DE DOCUMENTOS Y PLANOS (CONTINUACIÓN)

P E P		REVISO							
		COORD.	h	ACOT. EN	i	No. PROY.	c	LUGAR	d
		ESC.	h	ACOT. EN	i	LUGAR	d	No. PROY.	e
									REV.
									f

s	NOTAS
---	-------

Figura B-1.

CP	FECHA	REVISIONES		NUM. DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR			DIBUJO PROY.	a
		DESCRIPCION	FECHA		FECHA	FECHA	FECHA		
					o	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n	m	i	b
					p	n			

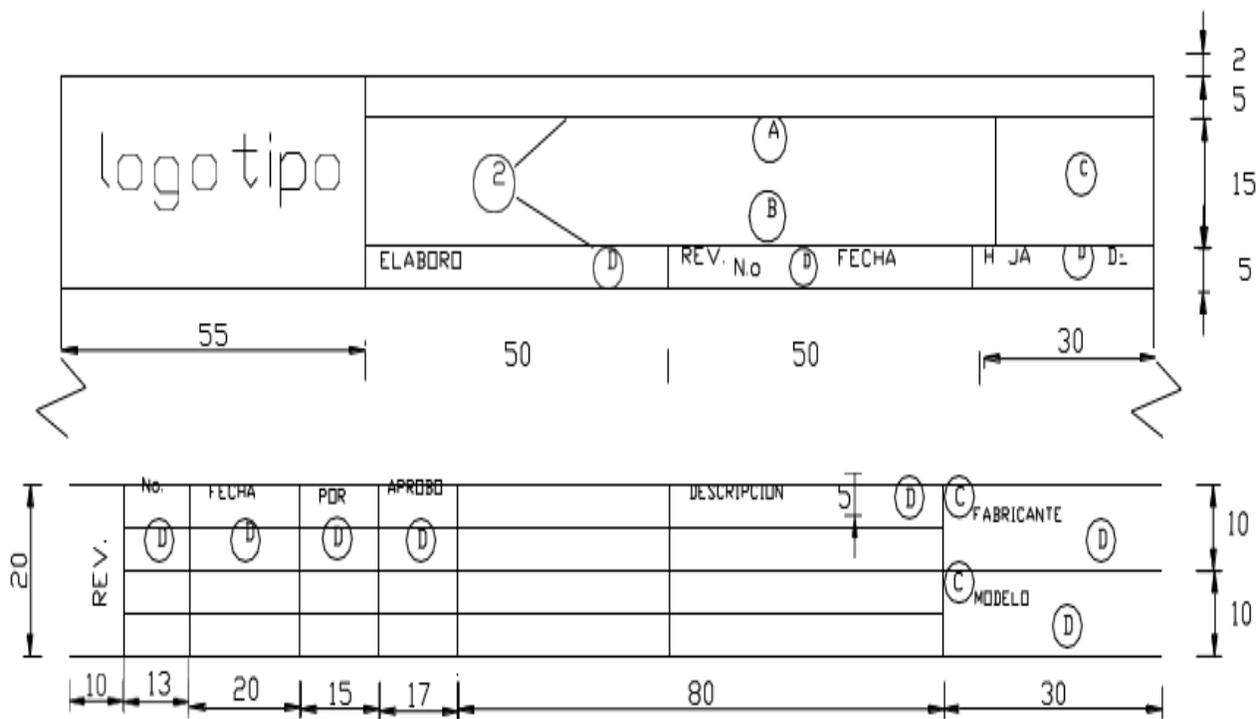


FIGURA 3

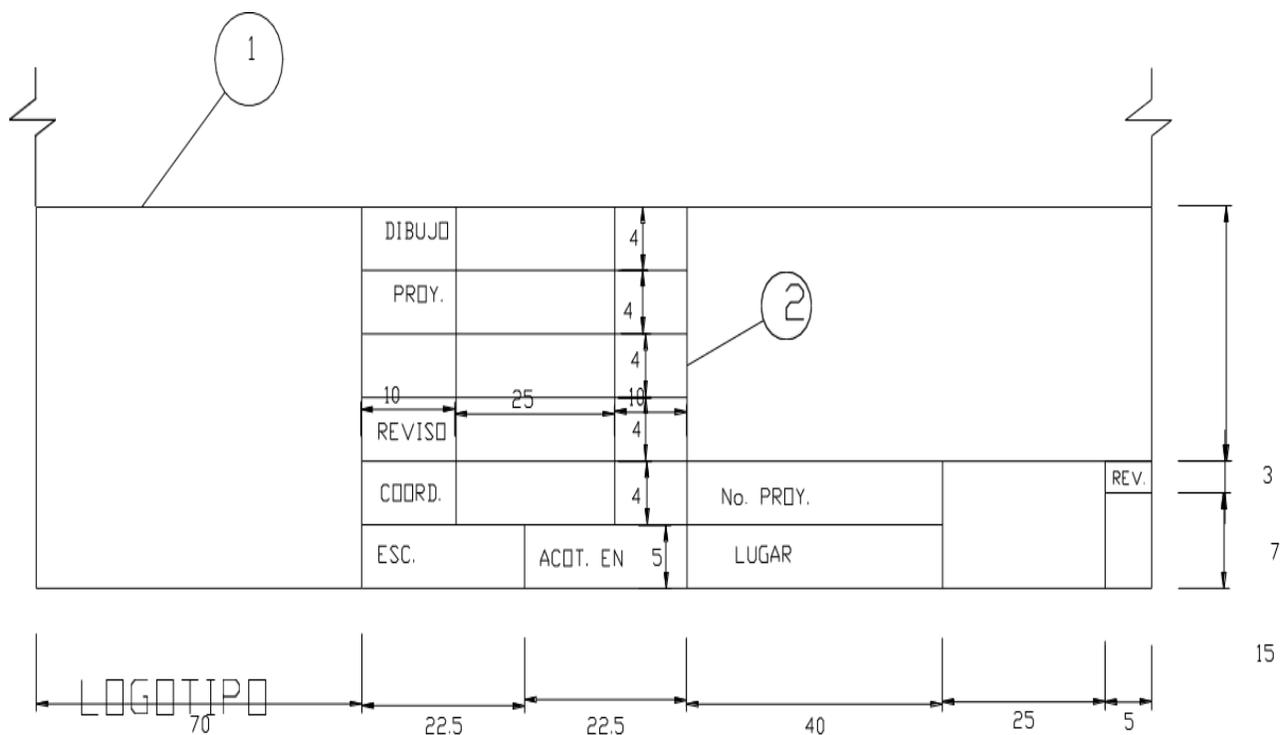


FIGURA 4

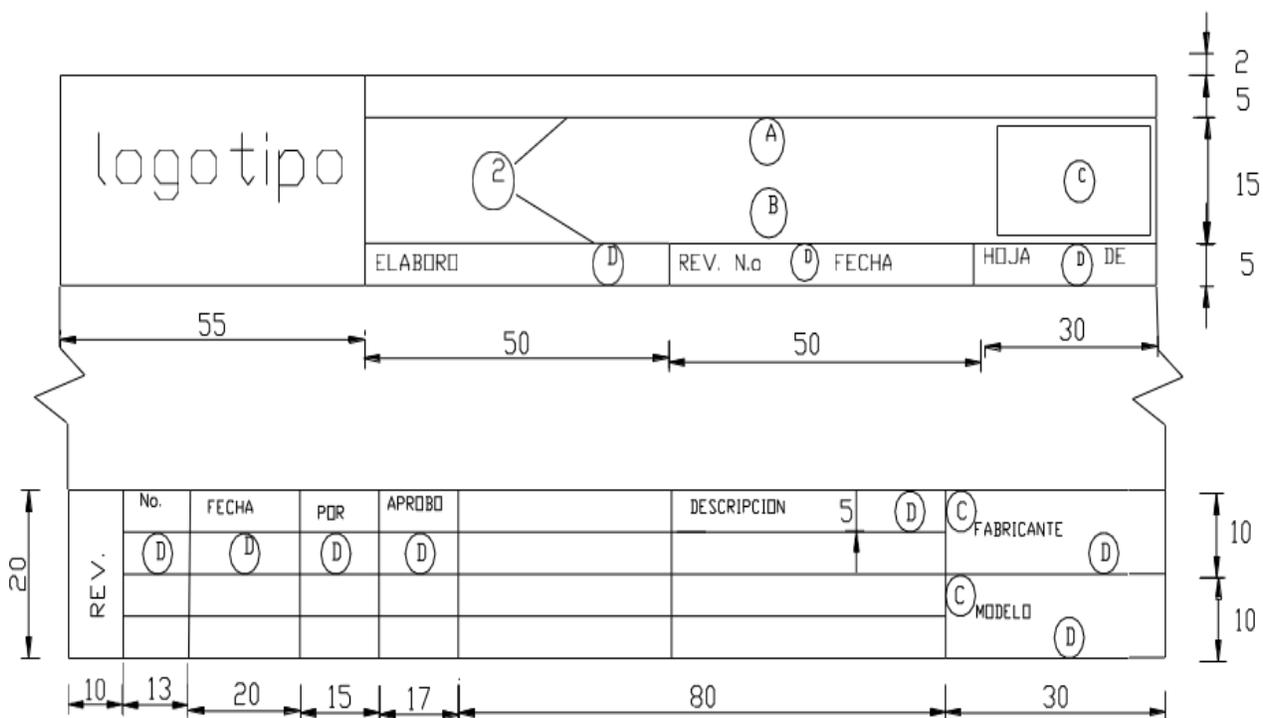
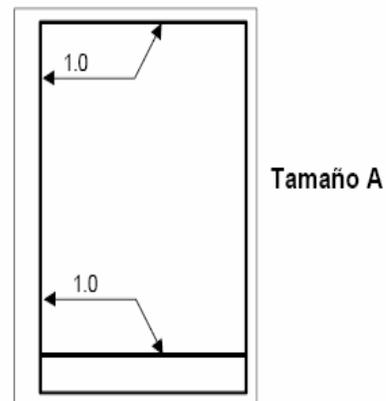
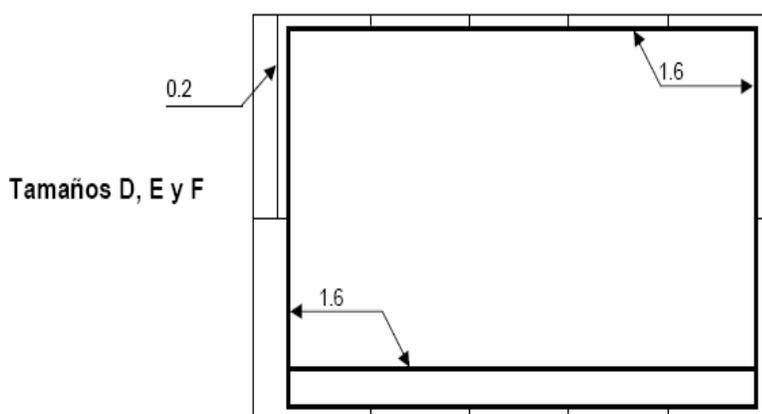
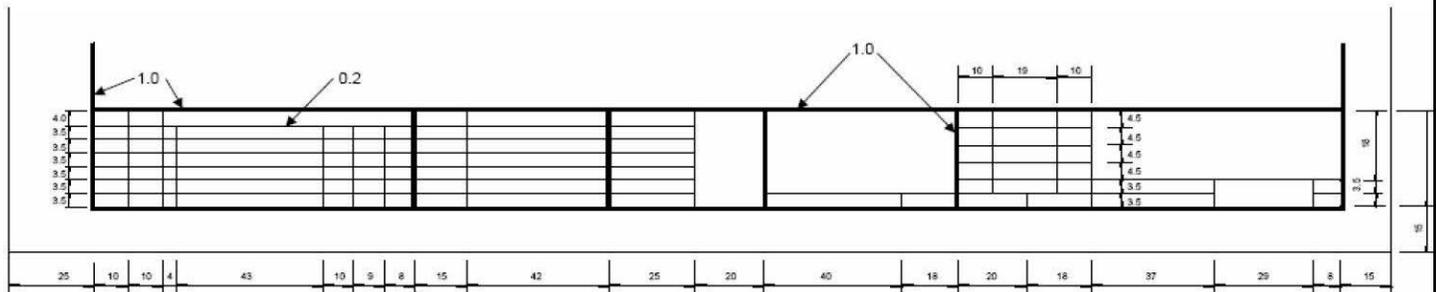


FIGURA 5

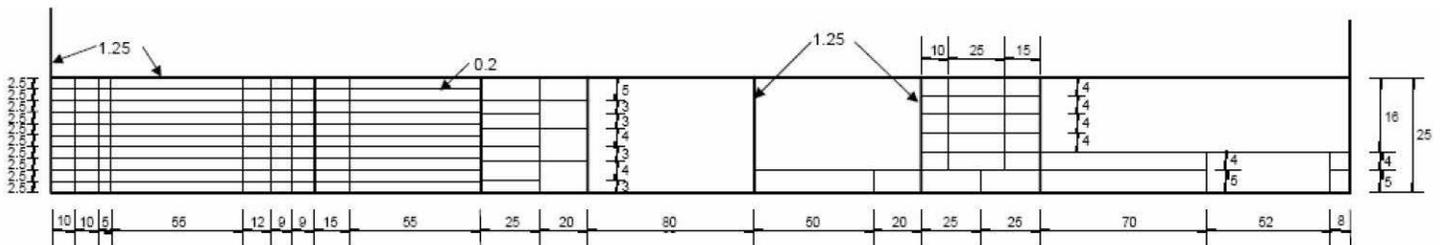
Codificación	Tipo	Características
①	Línea	1 mm de espesor.
②	Línea	0.2 mm de espesor.
A	Letra	Arial normal mayúsculas de 2.5 mm altura.
B	Letra	Arial normal mayúsculas de 3.0 mm altura.
C	Letra	Arial negritas mayúsculas de 3.0 mm altura.
D	Letra	Arial normal mayúsculas de 2.0 mm altura.



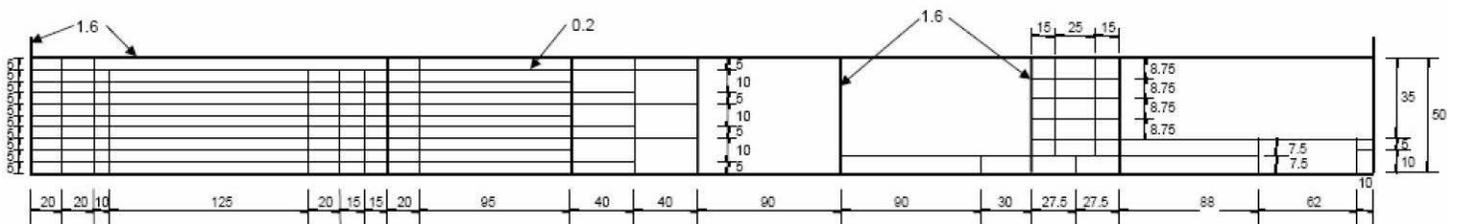


Acotaciones en mm.

Tamaño B-1



Tamaños B-2 y B-3



Acotaciones en mm.

Tamaños D, E y F

Anexo 3 Modelos de entregables de ingeniería

Memoria de cálculo estructural de muro cortafuego Especialidad: Ingeniería Civil.

Plano: Diagrama unifilar Especialidad: Ingeniería Eléctrica

Especificación de ventilador mecánico Especialidad: Ingeniería Mecánica.

Lista de materiales de tubería Especialidad: Ingeniería de Tuberías e Instrumentación.

Hoja de datos de tablero de distribución Especialidad: Ingeniería Eléctrica.



CONTRATO: NÚMERO DEL CONTRATO

“NOMBRE DEL PROYECTO”

		APROBADO PARA: <u>DEPENDIENDO DE LA REVISIÓN</u>
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
		
		<p>MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL DE MURO CORTAFUEGO</p>
		<p>PT-02-01-IC-01-MC-01</p>
		<p>Página 1 de 21</p>
ELABORÓ:	JRCRO	<p>REVISÓ: ALP APROBÓ: JALD</p>



I.- Objetivo del Proyecto

El presente documento tiene como objetivo el Análisis, Estudio y Comportamiento de la Estructura de acuerdo al estado de Cargas que presentará en el sitio donde será construida.

para efectos de esta memoria, la estructura a estudiar será un muro de concreto armado de 8.5 m de altura, cimentada a base de zapata corrida y columnas de concreto armado. El proyecto es para el parque Eólico Amistad II, Subestación Elevadora

II.- Memoria Descriptiva

Se propondrá una barda de concreto armado compuesta por columnas, cimentación corrida con contratrabe, en donde se procederá a realizar el cálculo por viento y sismo que actúan de manera directa sobre el muro.

III.- Especificaciones de los Materiales

III.1 Características de los Materiales a usar

Para el análisis de la estructura se emplearán los materiales que se tienen en el mercado, garantizando que se cumplan los requisitos de buena calidad y fabricación.

III.1.2 Materiales

Elemento	Descripción	Valor Unidades Metricas	Valor Unidades SI
Cimentacion	*** Resistencia a la Compresion	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$	24.5 Mpa
Columnas	*** Resistencia a la Compresion	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$	24.5 Mpa
Contratrabe	*** Resistencia a la Compresion	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$	24.5 Mpa
Acero	*** Resistencia a la Fluencia	$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	411.9 Mpa
Densidad	*** Peso Especifico	$\gamma_c = 2.40 \text{ t/m}^3$	23.5 Mpa

Elemento	Descripción	Valores	Especificaciones
Muros	*** Altura de Muro y Dimension de Block	Altura del Muro H= 8.50 m	0.20 x 7.40 x 8.50 m
Muros	*** Espesor del Muro	Espesor t= 20.00 cm	
Plantilla	*** Plantilla de Concreto	$f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$	9.8 Mpa

IV.- Especificaciones para el Diseño

IV.1 Manuales, Códigos, Normas y Reglamentos aplicados

Norma a Usar	Descripción	Clave
ACI	*** ACI 318	
CFE	*** Especificación CFE	CFE JA 100-65/May. 2011
CFE	*** Especificaciones de Diseño de Subestaciones	CPTT-GT-001-95
CFE	*** Especificaciones de Construcción de Subestaciones	CPTT-GT-002-95
CFE	*** Manual de Obras Civiles, Diseño por Viento	2008
CFE	*** Manual de Obras Civiles, Diseño por Sismo	2008

IV.2 Ayudas para el Análisis y Diseño Estructural

Ayuda	Descripción	Clave
Estudio	*** Estudio geotécnico	GRE.EEC.R.25.MX. W.35664.01.012.00
Excel	*** Programa para la generación e Integración	
AutoCAD	*** Elaboración de Planos	

IV.3 Casos y Combinaciones de Carga Empleados

Casos de Carga que actuaran en el Elemento de Estudio		
Variables	Descripción	Clave
CM	*** Carga Muerta	
CV	*** Carga Viva	
Vto. Z	*** Viento en "Z"	
Sis. X	*** Sismo en "X"	
Sis. Z	*** Sismo en "Z"	





IV.4 Resumen de Datos de Estudios para el Análisis

IV.4.1 Topología del Elemento en Estudio

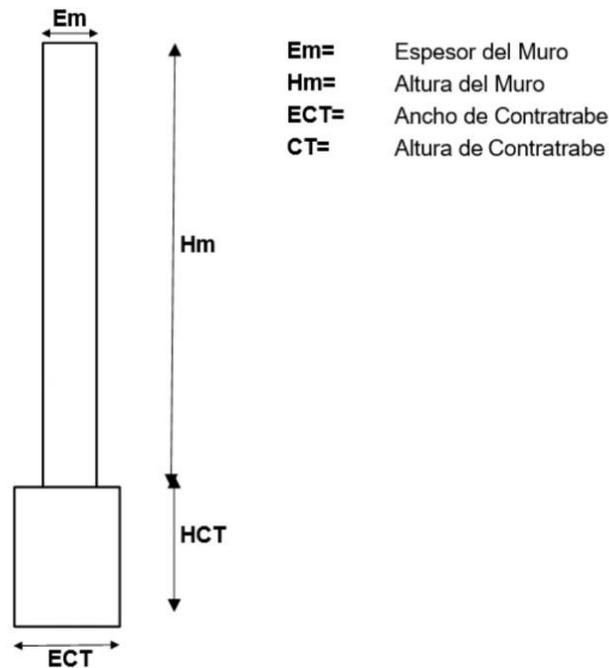


Fig. 1 Vista Lateral de los Elementos del Muro

	Clave	Sección de Muro		Sección T-1															
		h	e	b	d														
Columna	C-1			0.35	0.40														
Muro	MC	8.50	0.20																
Contratrabe	CT-1			0.25	1.50														

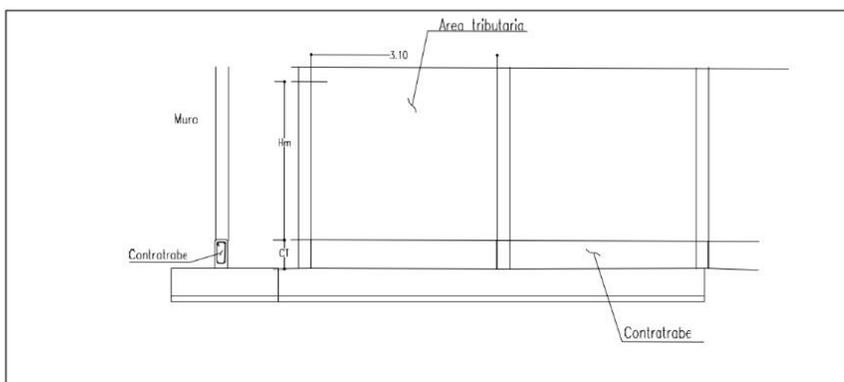


Fig. 2 Vista Frontal de la Fracción Tributaria para Análisis del Muro

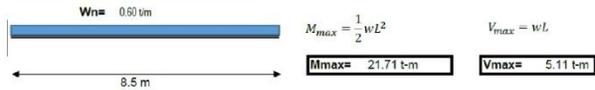




Fuerza Ejercida sobre el muro

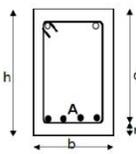
5.109 ton
0.60 T/m Carga Repartida sobre toda la Columna
8.5 m

Modelo Estructural a analizar



Diseño de Trabes conforme AC-318

Datos	
COLUMNA C-1	
Geometría	Materiales
b= 35 cm	f'c= 250.00 kg/cm ²
d= 37 cm	fy= 4,200 kg/cm ²
r= 3 cm	TMA= 1.9 cm
d+r= 40 cm	
Elementos mecánicos (diseño)	Factores reducción resistencia
Mu= 21.71 ton m	flexión: ϕ= 0.90
Vu= 5.11 ton	cortante: ϕ= 0.85



Diseño por flexión

Se debe cumplir:

$$\phi M_n \geq M_u \quad M_u = 2,171,364.21 \text{ kg cm}$$

$$V_u = 5,109.09 \text{ kg}$$

donde

$$\phi M_n = \phi \rho f_y b d^2 \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) \Rightarrow \rho = \frac{1}{1.18} \frac{f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - 2.36 \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}} \right]$$

$$\rho_{req} = 0.01391 \quad A_s = 18.007 \text{ cm}^2 \quad \rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{min} = 0.00345 \quad \rho = 0.01391 < \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.01897 \text{ ...OK}$$

Diseño por flexión

Se debe cumplir:

$$\phi M_n \geq M_u \quad M_u = 2,171,364.21 \text{ kg cm}$$

$$V_u = 5,109.09 \text{ kg}$$

donde

$$\phi M_n = \phi \rho f_y b d^2 \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right) \Rightarrow \rho = \frac{1}{1.18} \frac{f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - 2.36 \frac{M_u}{\phi f'_c b d^2}} \right]$$

$$\rho_{req} = 0.01391 \quad A_s = 18.007 \text{ cm}^2 \quad \rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{6000}{6000 + f_y}$$

$$\rho_{min} = 0.00345 \quad \rho = 0.01391 < \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.01897 \text{ ...OK}$$

Área de acero requerida:	A_s = 18.0 cm²		
Para varilla No.:	6	A ₀ = 2.85 cm ²	se requieren: 6.3 varillas
usar :	6	varillas # 6	A _s = 17.10 cm ² ρ = 0.0132
Para varilla No.:	6	A ₀ = 2.85 cm ²	se requieren: 0.2 varillas
usar :	2	varillas # 6	A _s = 5.70 cm ² ρ = 0.0475
Capacidad a flexión:	ϕM _n = 2,373,169 kg cm =	23.73 ton m	A _s /A _{s req} => 26.6% mayor
Relación a la falla (M _u /ϕM _n) =	0.91		

Separación de varillas

acero	diámetro
varilla	1.91 cm
estribo	0.95 cm

$$s_{min} \geq \begin{cases} 1.5 \text{ TMA} = 2.9 \text{ cm} \\ d_b = 1.9 \text{ cm} \end{cases} \quad s_{min} = 2.9 \text{ cm}$$

Espacio entre varillas= 3.13 cm ...OK
Máximo número de varillas por lecho = 6.3 => 6 varillas en 2.0 lechos

CONSTRUCCIÓN DE PTAR EN EL MUNICIPIO DE _____ ESTADO DE _____





Separación centro a centro de varillas = 4.09 cm en 2 lechos

Diseño por cortante

Se debe cumplir con:

$$\phi V_n \geq V_u; \quad V_n = V_c + V_s \quad (\text{ACI 11.1.1})$$

Resistencia de la sección de concreto a cortante (V_c)

$$\phi V_c = \phi 0.53 b d \sqrt{f'_c}$$

$$\phi V_c = 9,224 \text{ kg} \quad V_u = 5,109 \text{ kg}$$

revisión de refuerzo mínimo requerido (ACI 11.5.5.1)

$$V_u > 1/2 \phi V_c = 4,612 \text{ kg} \text{ se requiere al menos refuerzo mínimo por cortante}$$

revisión de refuerzo por resistencia

$$\phi V_c > V_u \quad \text{la sección de concreto es suficiente}$$

revisión de capacidad máxima de la sección a cortante (ACI 11.5.6.9)

$$V_u \leq \phi (V_c + V_{s\text{máx}}) = \phi (0.53 b d \sqrt{f'_c} + 2.1 b d \sqrt{f'_c}) = \phi 2.65 b d \sqrt{f'_c}$$

$$V_u < V_{\text{máx}} = 46,122 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

Selección de refuerzo por cortante con estribos verticales

Cortante que será tomado por los estribos $V_s = V_u - \phi V_c = -4,115 \text{ kg}$

Selección de estribos:		
No.	3	$A_v = 0.71 \text{ cm}^2$
ramas	2	$A_v = 1.43 \text{ cm}^2$

separación de estribos "s":

$$s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} \leq \frac{\phi A_v f_y}{3.5 b} \quad s = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} = 45.7 \text{ cm} > s = \frac{\phi A_v f_y}{3.5 b} = 41.5 \text{ cm}$$

$$s_{\text{req}} = 41.5 \text{ cm}$$

Separaciones máximas de estribos con respecto a la fuerza cortante actuante (ACI 11.5.4.1, 11.5.4.3)

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c = -4,115 \text{ kg}$$

$$\text{a) si } \phi V_s = V_u - \phi V_c \leq \phi b d \sqrt{f'_c} = 17,404 \text{ kg} \quad s_{\text{máx}} \leq \begin{cases} d/2 \\ 60 \text{ cm} \end{cases}$$

$$d/2 = 18.5 \text{ cm} \quad s_{\text{máx}} = 19 \text{ cm}$$

$$\text{b) si } \phi V_s = V_u - \phi V_c > \phi b d \sqrt{f'_c} = 17,404 \text{ kg} \quad s_{\text{máx}} \leq \begin{cases} d/4 \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

$$d/4 = 9.3 \text{ cm} \quad s_{\text{máx}} = 9.3 \text{ cm}$$

$$\text{como } \phi V_s = V_u - \phi V_c = -4,115 \text{ kg} < 17,404 \text{ kg} \quad s_{\text{máx}} = 18.5 \text{ cm}$$

Separación de estribos		
diseño:	E # 3 @ 18.5 cm ;	usar: E # 3 @ 15.0 cm
Revisión de la capacidad de la sección a la separación de proyecto		
$\phi V_s = \frac{\phi A_v f_y d}{s} = 12,550 \text{ kg}$		
$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s =$	21,774	$V_u = 5,109 \text{ kg} \quad V_u / \phi V_n = 0.23$

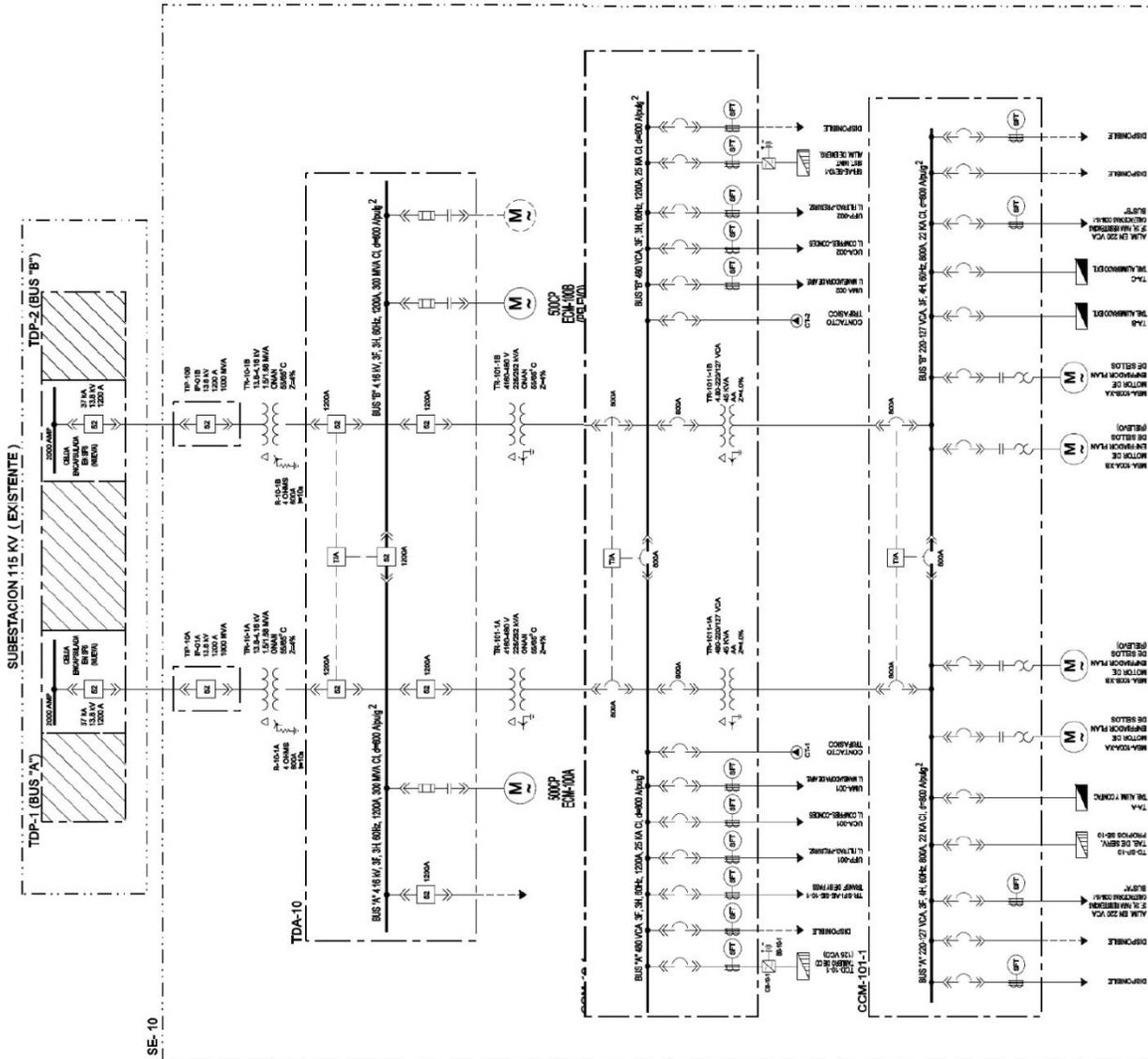


CUADRO RESUMEN DE CARGAS ELECTRICAS

CLAVE DEL TABLERO	BARRAS PRINCIPALES BUS "A"	BARRAS PRINCIPALES BUS "B"	TOTAL
TDA-10	585.95	142.13	728.08
CARGA EN OPERACION :	0	438.82	438.82
CARGA RELEVIO :	585.95	560.95	1146.9
CARGA FUTURA (20% DE LA INSTALADA)	117.19	116.19	233.38
CARGA TOTAL :	703.14	697.14	1400.28

NOTAS

- 1.- PARA SIMBOLOGIA Y NOTAS GENERALES, VER PLANO L-01B.
- 2.- LA CANTIDAD DE TABLEROS, SUS DERIVADOS, TRANSFORMADORES, ASI COMO LAS CAPACIDADES, INDICADAS EN ESTE DIAGRAMA, SOLO DEBEN CONSIDERARSE PARA EFECTOS DE VISUALIZACION GENERAL DEL PROYECTO ELECTRICO.



C.P.	FECHA	REVISIONES		NUM.	DIBUJOS DE REF.	APROBADO POR	
		MCA	DESCRIPCION			FECHA	FOR VoBo.
							ALR
							GERENTE DE ING.
							JALD
							DIR. DE PROYECTO

DIBUJO	LRAF	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL
REVISÓ	JMMC	
APROBÓ	JAOR	
ESC:	ACOT EN:	CONTRATO:
		LUGAR:
		NUM. DIBUJO
		REV

	DIBUJO ELABORADO EN



1.0 REQUISITOS GENERALES

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Esta especificación define los requerimientos mínimos de diseño, fabricación, materiales, pruebas, transporte y almacenamiento al lugar de instalación del Ventilador Tipo Axial, que serán instaladas en los edificios del proyecto _____

1.1.2 Dibujos certificados del equipo deberán cumplir con el sistema internacional de unidades. Dibujos elaborados en unidades del sistema inglés deberán indicar entre paréntesis la equivalencia en el sistema internacional.

1.1.3 Todos los materiales que se utilizarán en la fabricación del equipo objeto de esta especificación deberán ser nuevos, libres de defectos y adecuados para el trabajo de que se trate.

1.1.4 El fabricante deberá controlar la calidad en el diseño y fabricación (mano de obra) de cada una de las partes que componen los equipos.

1.1.5 En caso de conflicto en lo que se establece en las distintas secciones de esta especificación, el orden de prelación será el requerimiento más estricto en los siguientes documentos:

- a) Hojas de datos.
- b) Esta especificación.
- c) Normas, códigos y estándares.

1.1.6 Complementario a los datos (Condiciones de operación, Alimentación Eléctrica, Modelo) impresos en fábrica, el proveedor y/o fabricante deberá suministrar con el equipo una placa fabricada en acero inoxidable ASTM A-240 tipo 304 grabada con los datos siguientes:

- Nombre del fabricante.
- Número de serie.
- Número de identificación (clave).
- Servicio.
- Fecha de fabricación.
- Código de fabricación.
- Número de orden de compra.

La placa deberá localizarse en un lugar visible y sujetarse al equipo en forma permanente, no se aceptan adhesivos.

1.1.7 Los requerimientos establecidos en esta especificación aplican a cualquier servicio, equipo o sistema complementario que el proveedor o fabricante subcontrate o compre, siendo el proveedor el único responsable del equipo suministrado.

1.1.8 El proveedor o fabricante será totalmente responsable de la fabricación del equipo y el hecho de que CONAGUA revise estos trabajos, no libera al proveedor de la responsabilidad de suministrar equipos adecuados para el tipo de instalación especificada.

1.2 CUMPLIMIENTO CON CODIGOS Y ESTANDARES

1.2.1 Diseño, fabricación y pruebas de equipo, deberán cumplir la última edición de los códigos, estándares y normas que se indican en la sección 1.4

1.2.2 Previo acuerdo entre el proveedor y/o fabricante, CONAGUA y PV Ingeniería y Proyectos S.A. de C.V. podrán sustituir los códigos, estándares y/o normas anteriores por otras que proponga el fabricante, con la condición que sean equivalentes o mejores. En este caso el proveedor deberá incluir los documentos que propone en el idioma español.

1.3 DIBUJOS E INFORMACION REQUERIDA

1.3.1 Para facilitar la revisión y asegurar un entendimiento uniforme de la información y de los datos solicitados de los equipos a suministrar, es requisito indispensable que el proveedor y/o fabricante entregue lo siguiente:

- A. Hojas de Datos de los equipos.
- B. Dibujos Certificados, ver punto 1.1.2.
- C. Manuales de Operación, Instalación y Mantenimiento.

1.3.2 Los datos e información que se indiquen en las hojas de datos tendrán prioridad sobre cualquier otra información adicional que entregue el proveedor y/o fabricante.

1.4 CODIGOS, ESTANDARES Y NORMAS

Aplica la última edición de los siguientes documentos:

AMCA Certified Ratings Seal for Air Performance are centrifugal and axial fans.

AMCA 204-96 Balance Quality and Vibration Levels for Fans ISO 9001:2000 Quality Management Systems Requirements UL

705 Standard for Safety Power Ventilators

ASTM B117 Standard Practice for Operating Salt Spray (fog) Apparatus





Siglas de los estándares de referencia:

- ANSI-American National Standard Institute
- AMCA-Air Movement and Control Association International Inc.
- AFBMA-American Bearing Manufacturer's Association UL
- ASTM-American Society for Testing Materials

1.5 DOCUMENTOS QUE COMPLEMENTAN ESTA ESPECIFICACIÓN

1.5.1 Hoja de Datos. _____

1.5.2 Especificaciones. _____

1.5.3 El equipo eléctrico, accesorios e instalación deben cumplir con los requerimientos de la "NORMATIVIDAD VIGENTE". Todos los equipos, accesorios y la instalación eléctrica que se localice dentro de un área clasificada como peligrosa deben cumplir y estar certificados para operar en área clasificada Clase 1 División 2.

1.5.4 Los equipos y accesorios de los sistemas de aire acondicionado y ventilación (motores, gabinetes, soportería, elementos estructurales, etc.), requieren protección anticorrosiva de acuerdo las condiciones establecidas en la "NORMATIVIDAD VIGENTE".

1.5.5 Motores Eléctricos y Alimentación Eléctrica para los Equipos.

La alimentación eléctrica, tipo de encerramiento y eficiencia de los motores eléctricos, los tableros, cajas de conexiones, tubería conduit empleados en todos los equipos de acondicionamiento de aire, deben diseñarse y construirse de acuerdo a lo indicado en la "NORMATIVIDAD VIGENTE"

2.0 EQUIPOS

2.1 GENERAL

El alcance de esta especificación cubre los requerimientos mínimos en el diseño, fabricación, materiales, controles, accesorios, suministro y pruebas del Ventilador tipo Axial, el cual deberá ser seleccionado de acuerdo con las condiciones de operación indicadas en las Hojas de Datos.

2.2 DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO

2.2.1 Ventiladores Tipo Axial.

El ventilador deberá ser para extracción de aire, montado en pared con transmisión directa.

Los componentes mínimos necesarios del equipo serán: impulsor, rodamientos, flecha, motor, transmisión directa, persiana de gravedad a la descarga, weather hood (protección contra lluvia y malla contra pájaros), malla de protección en motor y ventilador y todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.

Los equipos deberán ser armados y probados desde fábrica.

2.3 DISEÑO Y FABRICACIÓN

2.3.1. General.

a) El Ventilador tipo Axial deberán ser de un modelo estándar del fabricante y totalmente ensamblados desde fabrica, con todos sus componentes y accesorios sobre una base común.

b) Los componentes como alambrado, controles y dispositivos en general instalados desde fábrica garantizarán el arranque y operación del equipo sin problemas.

2.3.2 Capacidad

a) Capacidad, según se indica en hoja de datos.

2.3.3 Fabricación

2.3.3.1 Ventilador Axial.

a) El ventilador deberá ser de construcción soldada y remachada utilizando sujetadores resistentes a la corrosión.

b) La fabricación de la placa de montaje del motor y armazón del ventilador debe ser en material ASTM A653 / A653 M o equivalente en calibre 14, el venturi y base a la pared será mínimo en calibre 18. Todos los componentes de acero contarán con un sistema de recubrimiento como protección contra la corrosión identificado como RA-28 modificado, que es un acabado transparente de poliuretano alifático, ver "NORMATIVIDAD VIGENTE" o el aplicado por el fabricante que cumpla con el método de prueba de ASTM B117.

c) El ventilador deberá suministrarse con aisladores de vibración internos y externos para lograr una operación libre de ruido y vibración.

d) El impulsor o rotor del ventilador será tipo axial o propela, construido totalmente en aluminio y deberá ser balanceado cumpliendo con AMCA Standard 204- 96, Balance Quality and Vibration Levels for Fans.

e) Rodamientos y flecha.

Los rodamientos del ventilador deberán ser tipo bola, autoalineables, autolubricados, antifricción con

CONSTRUCCIÓN DE PTAR EN EL MUNICIPIO DE _____ ESTADO DE _____





ESPECIFICACION VENTILADOR TIPO AXIAL CUARTO DE BATERIAS

Página 5 de 6

accesorio de lubricación. Los rodamientos deberán seleccionarse para un promedio mínimo de vida de 200,000 horas.

La flecha del ventilador deberá ser fabricada en acero al carbón rolado en caliente AISI C-1045. La flecha deberá ser dimensionada para una velocidad crítica de no menos del 125% de rpm máxima.

- f) Motor.
El motor del ventilador debe ser del tipo de inducción, eficiencia premium, totalmente cerrado con ventilación (TCCV) y estar de acuerdo con la "NORMATIVIDAD VIGENTE".
Deberá suministrarse guarda protectora en la sección de motor y transmisión del ventilador cumpliendo con ISO 9001.
El impulsor del ventilador deberá ser fijado a la flecha la cual deberá ser diseñada para una velocidad crítica de no menos del 125% de rpm máximas.
- g) Accesorios.
Persiana de gravedad, se suministrará para su instalación a la descarga del ventilador, fabricada totalmente en aluminio.
Guarda de protección, se suministrará para instalación en lado de motor e impulsor tipo propela, el marco se fabricará con ángulo de acero al carbón calibre 14 y malla de metal expandido de 13 mm x 25 mm x calibre 16.
Protección contra lluvia (weather hood), se suministrará para su instalación en el exterior con malla contra pájaros de 13 mm, fabricadas en acero galvanizado calibre 18.

2.3.9 Controles y seguridad

Requerimientos eléctricos y de control, ver hojas de datos.

2.4 SERVICIOS

2.4.1 Los servicios disponibles en el área de instalación del equipo son los siguientes:

2.4.1.1 Energía eléctrica.

- a) Motores menores de 1.0 H.P. (Tensión de suministro): 127 / 220 Volts / 1 Fase / 60 Hertz.
b) Motores de 1.0 a 150 H.P. (Tensión de suministro): 460 Volts / 3 Fases / 60 Hertz.

2.5 PRUEBAS E INSPECCION

2.5.1 Pruebas.

- a) El proveedor o fabricante de las unidades deberá entregar los certificados de pruebas, según se requiera, en cumplimiento con los estándares aplicables, indicados en la sección 1.4.
b) La aceptación de las pruebas no libera al proveedor de su responsabilidad en caso de que el equipo no cumpla con los requerimientos de operación especificados.

2.5.2 Inspección.

- a) CONAGUA o su representante tendrán el derecho de inspeccionar cualquier material, equipo o accesorio suministrado o usado durante el proceso de fabricación del equipo cubierto por esta especificación y podrá rechazar los que sean defectuosos o inadecuados para el uso y objeto que se pretende.
b) Todos los equipos cubiertos por esta especificación podrán ser inspeccionados durante cualquier período de fabricación.
c) Los inspectores de CONAGUA tendrán libre acceso a los talleres del fabricante quién dará todas las facilidades para realizar la inspección.
d) La aprobación de cualquier trabajo por parte de los inspectores de CONAGUA no releva al fabricante de cumplir con los requisitos de esta especificación.

2.6 GARANTIAS

2.6.1 Garantías de comportamiento.

- a) El proveedor o fabricante deberá entregar la garantía por escrito avalando que el equipo funcionará en forma continua y cumplirá con las condiciones de diseño y operación indicadas en Hojas de Datos y en esta Especificación.

2.6.2 Garantías de fabricación.

- a) El proveedor o fabricante de equipo deberá garantizar la unidad contra defectos de diseño, materiales y mano de obra por un período de 24 meses después del embarque o 12 meses como mínimo después de la puesta en operación, comprometiéndose a reponer sin costo alguno para CONAGUA cualquier componente que resulte defectuoso.

2.7 INFORMACION A SUMINISTRAR POR PROVEEDOR O FABRICANTE.

2.7.1 El proveedor o fabricante de equipo deberá de proporcionar la información técnica siguiente:

- a) Manuales técnicos de instalación, operación y mantenimiento (en idioma español).
b) Curvas de operación del ventilador de suministro o extracción de aire (Flujo de aire vs Caída de Presión estática del sistema).
c) Dibujos certificados del equipo, en sistema internacional de unidades.
d) Se deberán devolver las Hojas de Datos con la información solicitada en estas.
e) Incluir lista de excepciones y/o desviaciones, si las hubiere.
f) Lista de partes de repuesto para dos años de operación por equipo.





LISTA DE MATERIALES PARA LA INSTALACION DE EQUIPOS DE CCTV E INTERCOMUNICACION Y VOCEO

REFERENCIA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	MARCA	MODELO
SISTEMA DE CCTV					
1	Suministro e instalación de cámara a prueba de explosión a color blanco y negro (visión nocturna) con las siguientes características; cámara a prueba de explosión a color blanco y negro (visión nocturna) día/noche de 23X rango dinámico amplio de 80 X y detección de movimiento incluye carcasa para cámara y lente con desempañador de ventana, víscera para el sol; incluye mecanismos de movimiento de barrido horizontal y vertical; trabajo muy pesado, carcasa para cámara integrada al mecanismo de movimiento Pant/Tilt (alambrada de fábrica) certificación UL, CE, UL/CUL: paneo continuo de 360° de hasta 40°/seg rango de tilt de +90 a -90°, entradas de alarma, alimentación 127 VCA, Protegida con un gabinete a prueba de explosión con funciones preprogramadas (presets) según se requiere en el desarrollo de la ingeniería de detalle, fabricación completa en acero inoxidable 316L con pulido eléctrico; funcionamiento en vertical o invertido, receptor, unidad de giro horizontal/vertical y carcasa; dos paquetes ópticos integrados de alta resolución con enfoque automático.	Pieza	1	PELCO	IPXSM31CBW 23-7 ExSite Series Explosionproof Positioning System
2	Suministro e instalación de cámara de intemperie a color/blanco y negro visión nocturna). Lente de 23x óptico, 10X digital, incluye carcasa para cámara integrada al mecanismo Pant Tilt. Nema 4x. Alimentación 127VCA	Pieza	1	PELCO	ES31CBW24-5N
3	Suministro e instalación de Poste recto circular para intemperie de 10 m de altura para montaje de cámara de CCTV, diámetro exterior de 152 mm (6") cédula 40 y un 6.35 mm (1/4") de espesor construido en una sola pieza sin uniones transversales ni longitudinales, placa base de 350 x350 y un espesor de 12.7 mm (1/2") con 4 cartabones de 350 mm de largo y 15.875 mm (5/8") de espesor con 4 barrenos pesados de 26.6 mm de diámetro distancias entre ejes de 270 mm de centro a centro anillo, de refuerzo en la base, placa circular en la punta de 216 mm (8 1/2") X 6.35 mm (1/4") al centro con 8 barrenos pesados con tornillos soldados 7.94 mm (5/16") X 38 mm (1 1/2") con rondana y tuerca galvanizado, acabado pintura primario rojo óxido, incluye soporte para el pararrayos. Sin base de concreto.	Pieza	2	SMX10	SMX10
4	Soportes de montaje para cámaras a prueba de explosión, uso extrapesado de fierro galvanizado, con acabado anticorrosivo tipo columna y/o poste, para cámara, zoom y Pant-Tilt, con base de concreto, y/o para su colocación en estructura metálica.	Pieza	2	Por proveedor	Por proveedor
5	Suministro e instalación de caja para conexiones para área clasificada Clase I División 1 de 457.2 mm (18") X 457.2 mm (18") X 203.2 mm (8"), con platina interna para instalación y accesorios.	Pieza	1	KILLARK	EXB-18188N34
6	Suministro e instalación de caja para conexiones Nema 4x plastica. para conexiones para área clasificada Clase I División 2. de 457.2 mm (18") X 457.2 mm (18") X 203.2 mm (8"), con platina interna para instalación y accesorios.	Pieza	1	RITTAL	RITTAL 18 X 18
7	Convertidor de medios de fibra óptica 100 base fx a 100base tx	Pieza	4	TRENDNET	TFC-110MST
8	Suministro e instalación de cable uso rudo para exteriores energía eléctrica de 3 conductores calibre 14AWG.	m	30	CONDUMEX	3x14AWG
9	Suministro e instalación de Fibra óptica de 6 hilos multimodo armada	m	730	AMP TYCO	6-1553396-1
10	Suministro e instalación conector de fibra óptica multimodo SC	Pieza	24	PANDUIT	FSCMC6BL
11	Suministro e instalación de Fan Out Kit	Pieza	4	PANDUIT	FO6CB
12	Suministro e instalación adaptador ciego para caja de distribución de fibra	Pieza	2	PANDUIT	FAPB
13	Suministro e instalación de Adaptador de fibra de 6 coples SC duplex	Pieza	4	PANDUIT	FAP3WEIDSC
14	Suministro e instalación cordón de parcheo de 3 m SC- SC	Pieza	4	PANDUIT	F6D3-3-M1-Y
15	Suministro e instalación de caja de distribución de fibra de 6 Puertos.	Pieza	2	PANDUIT	CBX4
16	Suministro e instalación de Electrodo incluye GEM	Pieza	2	TOTAL GROUND	TG-01
17	Suministro e instalación de Punta faraday de 25 cm	Pieza	2	AMESA	CAT-AMESA-01 7A
18	Suministro e instalación de cable para sistema de pararrayos, bajada de tierra	m	30	AMESA	CAT-AMESA-002
19	Suministro e instalación de Registro para electrodo de fibra de vidrio	Pieza	2	AMESA	CAT-AME-149
20	Suministro e instalación de conexión al sistema de tierra física, de los equipos del sistema de CCTV	Lote	1	Por proveedor	Por proveedor
21	Cable coaxial RG 59	m	30	BELDEN	8241
22	Cable 2 X 18 Control	m	30	BELDEN	8760





HOJA DE DATOS DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN 13.8 Kv

	Hoja de datos "A" Características generales del tablero en 4.16 o 13.8 Kv		Tablero Clave: _____
			Diagrama Unifilar: _____
Descripción del Proyecto / Lugar	Descripción del Proyecto/ Lugar		
Planta:	PTAR _____	Área:	
		No. Proyecto	
Subestación: Número y clave	Subestación: Número y clave	Nueva: () Existente: ()	

Condiciones ambientales:			
	Bulbo seco/ Húmedo		
Temperatura Máxima:	____ °C / ____ °C	Humedad relativa:	Verano: __ por ciento
Temperatura Mínima:	____ °C / ____ °C		Invierno: __ por ciento
Temperatura Promedio:	____ °C / ____ °C	Altitud de operación:	_____ m.s.n.m.

Características generales del Tablero.			
Barras principales	1,200 A: () 2,000 A: () 3,000 A: ()	Tensión nominal	4.16 kV: () 13.8 kV: ()
Clase Aislamiento:	5 kV () 15 kV ()		
Corriente (Potencia) Simétrica de cortocircuito.		13.8 kV	37 kA
3 TP's para protección y medición por cada barra (bus), relación:		4,200/120 V c.a: ()	14,400/120 V c.a: ()
Tensión de control: 125 V c.c. (Normal): () 120 V c.a. (caso excepcional con fuente externa): () V c.c. (caso excepcional con suministro propio de la sección): ()			
Tensión circuito auxiliar resistencias calefactoras en 220 V c.a., 60Hz, 3 fases, 4H. (Sólo para secciones con motor)		SI: ()	No: ()
Tensión circuito auxiliar resistencias calefactoras en 220 V c.a., 60Hz, 3 fases, 4H. (Sólo para secciones del tablero)		SI: ()	No: ()
Panel de Alarmas por cada Interruptor Principal:		SI: ()	No: ()
Ubicación del panel de alarmas dentro o fuera del Tablero:		Dentro: ()	Fuera: ()
Sistema monitoreo de temperatura para secciones derivadas (adicional a Interruptores principales y de enlace (cuando exista).		SI: ()	No: ()

Características generales del Tablero.	
Datos para determinación de energía incidente en el tablero.	Transformador generador o acometida que alimenta al Tablero TDP-1. (20 / 25) MVA (7 / 9.8) Z% Potencia de Cortocircuito en la tensión del Tablero. () MVA Calculada (1000) MVA Requerida del Tablero. Tiempo de liberación de la falla (3) Ciclos Transformador generador o acometida que alimenta al Tablero TDP-2. (25 / 30) MVA (8.03 / 9.638) Z% Potencia de Cortocircuito en la tensión del Tablero. () MVA Calculada (1000) MVA Requerida del Tablero. Tiempo de liberación de la falla (3) Ciclos

Requerimientos particulares:





HOJA DE DATOS DE TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN 13.8 Kv

	HOJA DE DATOS "B" Arreglo de Tablero en 4.16 ó 13.8 kV		Tablero Clave: _____
			Diagrama Unifilar: _____
Descripción del Proyecto / Lugar			
Planta:	Complejo Procesador de Gas Ciudad Pemex	Área:	Gas y Petroquímica Básica
No. Proyecto	7400	PP:	
Notas generales:			
No.	Interruptor / Arrancador	Leyenda y/o clave de la carga:	
1	Interruptor	I1-10A	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabla 1. Características nominales de los interruptores

Sección blindada, en SF6, medio de extinción de arco: vacío	Unidad	Valor
Frecuencia	Hz	
Voltaje nominal de operación	kV	
Voltaje nominal de aislamiento	kV	
Corriente de corto circuito simétrica	kA	
Corriente dinámica	kA	
Nivel Básico de impulso (BIL)	kV	
Corriente nominal	A	
Potencia de corto circuito	MVA	
Voltaje de control	VCD	
Tensión de soporte a 60 Hz	KV	
Un TC tipo ventana para la medición de corrientes de secuencia cero (50G).	A	

Notas generales:

Las relaciones de los transformadores de corriente deberán ser verificadas y sustentadas en Memoria de Cálculo y curvas de operación.

Tabla 2. Características nominales de los transformadores de corriente de 13.8 kV para las secciones I1-10A y I2-10B

Tipo barra o tipo dona	Unidad	Valor
Frecuencia	Hz	
Voltaje nominal de operación	kV rms	
Clase de aislamiento (tipo barra)	kV rms	
Nivel Básico de impulso (tipo barra)	kV cresta	
Tensión de baja frecuencia en el primario (tipo barra)	kV rms	
Tensión de baja frecuencia en el secundario	kV rms	
Corriente de corta duración en el primario	kA rms	
Factor de capacidad térmica	kA rms	
Nivel de descargas parciales medido a 1.2Un(16.5 kV)	PC	
Corriente Nominal	A	



Anexo 4 Documentos de aprobación.

ACTA DE APROBACIÓN DE FASE FEL				
Proyecto				
Fecha				
DECLARACIÓN DE LA APROBACIÓN				
Se declara que se acepta formalmente la fase FEL (I-II-II) la cual contiene los siguientes entregables:				
1.-				
2.-				
3.-				
OBSERVACIONES				
1.-				
2.-				
3.-				
COSTOS DE LA FASE				
Costo estimado.				
Costo real.				
Porcentaje (%) de avance del proyecto.				
CONTROL DE VERSIONES				
Versión	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha

Tabla 1 acta de aprobación de fase.

ACTA DE CIERRE DEL PROYECTO				
Proyecto				
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO				
Objetivos	Criterios de éxito	Estado actual	Variación	
Tiempo				
Costo				
Alcance				
Calidad				
CONTROL DE VERSIONES				
Versión	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha

Tabla 2 acta de aprobación del proyecto

Anexo 5 Control de cambios.

SOLICITUD DE CAMBIOS				
Especialidad solicitante:		Fecha:		
Problema o situación actual				
Cambio propuesto:				
Descripción:				
Justificación:				
IMPACTO				
Costo	Tiempo	Entregables dependientes (Sucesores)		
RESOLUCIÓN				
	Observaciones			
Aceptado				
Rechazado				
APLICACIÓN				
	Responsable de implementar	Responsable de Verificar	Responsable de Aceptar	Responsable de VoBo
Especialidad		Proyectos	Comité de control	Autoridad municipal
Nombre				
Cargo		Administrador de Proyecto	Comité de control	Autoridad municipal
Fecha				
Firma				
CONTROL DE VERSIONES				
Rev.	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha

Bibliografía

1. Albarran Nuñez, J. F. (2015). *La ingeniería de Proyectos en México. Estudio: Estado del Arte y Prospectiva de la Ingeniería en México y el Mundo*. CDMX: ACADEMIA DE INGENIERÍA DE MÉXICO.
2. Alvarado De La Fuente, L. R. (2016). *METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN, DESARROLLO Y PLANEACIÓN DE PROYECTOS APLICADO A UNA PLANTA CRIOGÉNICA*. CDMX: UNAM.
3. Anaya Durand, A. (2013). *Manual de Temas Selectos de Ingeniería de Proyectos. Primera Edición*. CDMX: UNAM.
4. Branam, C. (2002). *Rules of Thumb for Chemical Engineers 3rd Edition*. USA: British Library Cataloguing-in-Publication Data.
5. Buitrón Méndez, G., Reino Sánchez, C., & Carrera Muyo, J. (2015). *Manual técnico sobre tecnologías biológicas aerobias aplicadas al tratamiento de aguas residuales industriales*. BARCELONA: CYTED.
6. Cabrera, J. M. (2016). *Notas del curso de Administración de proyectos*. CDMX: UNAM.
7. CONAGUA. (19 de Marzo de 2020). *Proyectos estratégicos – Agua potable, drenaje y saneamiento*. Obtenido de conagua.gob: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SeguimientoPNI.pdf>
8. Construction Industry institute. (2011). *Best Practices Guide: Improving Project Performance. Versión 3.1.* . USA: CII.
9. Córdova Orjuela, S. (2002). *Guía del estudio de Mercado para la Evaluación de Proyectos*. Santiago: Universidad de Santiago de Chile.
10. Crites, R. (2002). *Tratamiento de aguas residuales*. Interamericana McGraw-Hill.
11. Delgadillo, O. (2010). *Depuración de aguas residuales*. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
12. EPA. (2002). *Onsite Wastewater Treatment Systems Manual*. EPA.
13. Harrington, H. (1991). *El proceso de mejoramiento. Como las empresas punteras norteamericanas mejoran la calidad*. Wisconsin: Quality Press.
14. INEGI. (2017). *CENSO DE GOBIERNOS MUNICIPALES Y DELEGACIONALES. MODULO5, "AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO"*. CDMX.
15. ISO. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad. Fundamentales y Vocabularios. Norma ISO 9000:2001. Traducción Oficial al español avalada por el Translation Management Group*. CDMX: ISO.
16. Kerzner, H. (2013). *Project Management Case Studies. Cuarta Edición*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
17. Lozano Ríos, L. (2014). *Presentación: Planeación y Control de Sistemas Industriales*. CDMX: UNAM.
18. Lozano Ríos, L. (2014). *Ruta Crítica. Presentación: Planeación y Control de Sistemas Industriales*. CDMX: UNAM.
19. Metcalif, E. &. (2014). *Wastewater Engineering. Treatment, disposal, reuse. 5. ed*. International McGraw-Hill.
20. Nicholas, J. (2012). *Project Management for Engineering, Business and Technology. Cuarta Edición*. USA: Routledge.
21. NOYOLA, A., MORGAN-SAGASTUME, J. M., & GÜERECA, L. P. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. CDMX: UNAM.
22. Ortiz Ramírez, J. Á. (2017). *Planeación de anteproyectos de plantas químicas.* . CDMX: UNAM.
23. PEMEX. (2008). *Lineamientos Para Elaborar Planos y Documentos. GNT-SSIME-G002-2008, Dirección Corporativa de ingeniería y Desarrollo de Proyectos. Revisión 0*. CDMX: PEMEX.
24. PEMEX. (2010). *Descripción del Contenido de Entregables de Ingeniería Básica Y Básica Extendida*. CDMX: PEMEX.
25. PEMEX. (2015). *MANUAL SIDP PEMEX V5*. CDMX: PEMEX.
26. Perth, W. (2002). *Practical Project Management for Engineers and Technicians*. Western Australia: IDC Technologies Pty Ltd PO Box.
27. PMI. (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. . 14 Campus Blvd, Newtown Square, PA 19073-3299 USA: PMI.
28. Ramírez Olivares , J. R. (2020). *El liderazgo en la ingeniería química, desarrollo de competencias directivas y líder del siglo XXI*. CDMX: UNAM.