



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ESTRUCTURA Y SECUENCIA DE LA PROGRAMACIÓN  
DE UN PROYECTO INDUSTRIAL**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**

**REYNA STEFI RAMOS GALICIA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**JUAN MARIO MORALES CABRERA**



**CD. MX. 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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:** Profesor: Juan Mario Morales Cabrera.

**VOCAL:** Profesor: Alejandra Mendoza Campos.

**SECRETARIO:** Profesor: Luis Ángel Moreno Avendaño.

**1er. SUPLENTE:** Profesor: Elisa Elvira Guinea Corres.

**2° SUPLENTE:** Profesor: José Arturo Moreno Xochicale.

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ASESOR DEL TEMA:**

---

**JUAN MARIO MORALES CABRERA**

**SUSTENTANTE (S):**

---

**REYNA STEFI RAMOS GALICIA**

## A G R A D E C I M I E N T O S

Primeramente a Dios, por darme la oportunidad de llegar hasta este momento, por darme la vida, la familia, la fortaleza y la fe para seguir siempre adelante a pesar de todas las adversidades que en el camino se pudiesen presentar.

A mis padres Wenceslao Ramos Rioja y María Isabel Galicia Trejo, porque gracias a ellos soy lo que soy. Por su consejos, amor, apoyo y comprensión; por sacrificarse siempre por brindarme los recursos necesarios para estudiar. Me han enseñado todo lo que soy como persona, mis valores, mi carácter, mis principios y mi coraje para lograr mis objetivos.

A mi hermano Juan Christian Ramos Galicia, quien siempre ha sido un ejemplo de entrega y dedicación, el ejemplo claro de que con esfuerzo y honestidad siempre se consigue lo que se quiere.

A mi hermana Wendy Yali Ramos Galicia, por ser un motivo de inspiración y quien ha sido, a lo largo de estos años, una amiga, una confidente y una cómplice.

A Yoali Ehécatl Cortes Rodríguez, quien siempre ha sabido darme esas palabras de ánimo que me ayudaron a seguir adelante en los momentos más difíciles y sin saber que nos tenga preparado el destino, me ha brindado su ayuda, paciencia, confianza y amor.

A mis amigas Diana Marcela Vázquez Olvera y María Fernanda Márquez Martínez, que a lo largo de 7 años siempre han estado para mí, compartiendo los momentos buenos y malos, sin duda son parte de mi familia.

Al profesor Juan Mario Morales Cabrera, por su apoyo incondicional, por compartir sus conocimientos y brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo, además de ser un ejemplo a seguir tanto en lo personal como en lo profesional.

Y a todas las personas, familiares, amigos, profesores, compañeros de deporte, de trabajo, de clases, que en mayor o menor medida, han contribuido para formar parte de todo lo que hoy en día soy.

Gracias infinitas a todos por formar parte de mi vida.

Atte.:

Reyna Stefi Ramos Galicia.

# Í N D I C E

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Agradecimientos.....	2
Introducción.....	8
Objetivos.....	13
Capítulo 1. Definición de proyecto.....	14
Capítulo 2. Descripción de parámetros y selección de proyecto.....	21
Descripción de parámetros.....	22
Figura 2.1 Hoja de datos de bomba hidráulica.....	26
Figura 2.2 Hojas de datos de sopladores.....	27
Figura 2.3 Diagrama de tuberías e instrumentación (parte 1).....	28
Figura 2.4 Diagrama de tuberías e instrumentación (parte 2).....	29
Figura 2.5 Diagrama de tuberías e instrumentación (parte 3) .....	30
Figura 2.6 Diagrama de flujo de proceso y balance de materia.....	31
Selección de proyecto.....	32
Normativa.....	33
Figura 2.7 Marco regulatorio en el manejo de aguas en México.....	34
Capítulo 3. Descripción del proyecto .....	35
Tabla 3.1 Ingeniería básica según metodología FEL.....	37
Tabla 3.2 Ingeniería de detalle según metodología.....	37
Capítulo 4. Programación de una PTAR.....	40
4.1 Programación de la ingeniería de proceso.....	41
Figura 4.1 Programación de los diagramas de la ingeniería de proceso.....	43
Figura 4.2 Programación de las memorias de cálculo de la ingeniería de proceso.....	43
Figura 4.3 Programación de las hojas de datos de la ingeniería de proceso.....	44
4.2 Programación de la ingeniería civil.....	44

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Figura 4.4 Programación del edificio administrativo y laboratorio de la ingeniería civil.....	47
Figura 4.5 Programación de la caseta de vigilancia de la ingeniería civil.....	47
Figura 4.6 Programación de los desarenados y cribado grueso de la ingeniería civil.....	48
Figura 4.7 Programación del cribado fino y cárcamo de bombeo de la ingeniería civil.....	48
Figura 4.8 Programación del Edificio de Servicio y Sopladores de la ingeniería civil.....	48
Figura 4.9 Programación del Reactor de lodos activados y digestor de lodos de la ingeniería civil.....	49
Figura 4.10 Programación del edificio de deshidratado de lodos de la ingeniería civil.....	49
Figura 4.11 Programación de los vertederos de reactores de lodos activados de la ingeniería civil.....	49
Figura 4.12 Programación de los clarificadores secundarios de la ingeniería civil.....	49
Figura 4.13 Programación del canal de desinfección de la ingeniería civil.....	49
Figura 4.14 Programación de la caseta UV de la ingeniería civil.	
4.3 Programación de la ingeniería mecánica.....	50
Figura 4.15 Programación de las memorias de cálculo de la ingeniería mecánica.....	52
Figura 4.16 Programación del arreglo mecánico, cribado grueso y arreglo mecánico, desarenadores y cribado fino, de la ingeniería mecánica.....	53
Figura 4.17 Programación del arreglo mecánico, reactor de lodos activados y digestor de lodos de la ingeniería mecánica.....	54
Figura 4.18 Programación del arreglo mecánico, clarificadores de la ingeniería mecánica.....	54
Figura 4.19 Programación del arreglo mecánico, edificio de deshidratado de lodos de la ingeniería mecánica.....	54



## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Figura 4.20 Programación del arreglo mecánico, caseta de UV de la ingeniería mecánica.....	54
4.4 Programación de la ingeniería eléctrica.....	54
Figura 4.21 Programación de los planos y memorias de cálculo. Edificio de Servicios y Sopladores.....	56
Figura 4.22 Programación de los planos y memorias de cálculo del edificio de deshidratado de lodos, del edificio administrativo y laboratorio, de la caseta de vigilancia, del canal UV, y de los clarificadores secundarios.....	57
Figura 4.23 Programación de las especificaciones de la ingeniería eléctrica.....	57
Figura 4.24 Programación de las hojas de datos de la ingeniería eléctrica.....	58
4.5 Programación de la ingeniería de tuberías.....	58
Figura 4.25 Programación de los planos de la ingeniería de tuberías.....	61
Figura 4.26 Programación de los desarenadores y cribado grueso de la ingeniería de tuberías.....	61
Figura 4.27 Programación del reactor de lodos activados y clarificadores de la ingeniería de tuberías.....	61
Figura 4.28 Programación de los clarificadores y canal de desinfección UV, de la ingeniería de tuberías.....	61
Figura 4.29 Programación del edificio de servicios y sopladores de la ingeniería de tuberías.....	62
Figura 4.30 Programación de los digestores de lodos activados de la ingeniería de tuberías.....	62
Figura 4.31 Programación del edificio de deshidratado de lodos de la ingeniería de tuberías.....	62
4.6 Programación de la ingeniería de instrumentación.....	63
Figura 4.32 Programación de las hojas de datos de la ingeniería de instrumentación.....	63
Diagrama de Gantt.....	64

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Conclusiones.....	67
Bibliografía.....	71
Siglas y acrónimos.....	73
Apéndices.....	75

# INTRODUCCIÓN

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Todos en nuestra vida hemos tenido que enfrentar situaciones en las que es necesario establecer un plan de elaboración de actividades, si bien para muchos de nosotros esto no es hábito, si es importante aprender a planificar. Al elaborar un plan de trabajo dentro de la industria es necesario tomar en cuenta aspectos como el tiempo, el costo, el impacto ambiental y los beneficios obtenidos del mismo. Estos puntos tan sencillos, son de suma importancia, ya que son los que tiene que resolver un profesional al realizar proyectos enormes como el diseño y construcción de una planta, la ampliación de una planta, la construcción de un edificio, etc., mismos que pueden impactar en el bienestar de poblaciones enteras.

Es por esto que estos profesionales deben de tener la capacidad, conocimientos, y habilidades necesarias tanto en ámbitos administrativos, como ingenieriles para desarrollar proyectos exitosos.

En este trabajo presentamos las herramientas y conceptos base requeridos para ayudar a desarrollar de manera exitosa proyectos; estos conceptos son aplicables a cualquier tipo de trabajo que estemos desarrollando; sin embargo, para tener una visión más clara, utilizaremos como ejemplo de aplicación, una planta de tratamiento de agua residual (PTAR).

Una planta de tratamiento de agua es hoy en día un proyecto de inversión muy atractivo, ya que debido al problema de escasez de agua en el mundo y al deficiente abastecimiento de la misma por parte de los gobiernos a las poblaciones, muchas empresas optan por su construcción.

Como su nombre lo indica, en ellas se busca limpiar las aguas sucias provenientes de las comunidades. El proceso en el cual se basan las plantas se dividen en cuatro etapas principales:

- Pretratamiento:

En esta etapa del tratamiento, se busca retirar los objetos más grandes que pueden ocasionar problemas en los equipos o tuberías, estos contaminantes también pueden afectar en tratamientos posteriores haciendo que estos se ralentice o tenga

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

un menor rendimiento. Entre estos tratamientos están: el pozo de gruesos, desbaste, tamizado, desarenado, etc.

- Tratamiento primario:

El principal objetivo en esta etapa, al igual que el del pretratamiento, es remover aquellos contaminantes que pueden ocasionar problemas posteriores pero estos de menor tamaño que los de la etapa anterior, como maderas, trapos, plásticos o papeles y también los que se pueden sedimentar. Los primeros se lavan, se secan y se llevan a un colector de basura autorizado; los segundos se separarán del líquido pasando el agua residual a través de grandes estanques de decantación, donde la mayor parte de la materia sólida se precipita al fondo. A esta materia sedimentada se les llama “lodos” y son usados en la agricultura después de pasar por un nuevo tratamiento llamado “tratamiento de lodos”.

Como ejemplos de este tratamiento se encuentran el cribado o mallas de barreras, la flotación o eliminación de grasas y la sedimentación ya antes mencionada, aunque en muchos casos la flotación y la sedimentación entran como tratamientos secundarios.

- Tratamiento secundario:

En esta parte el objetivo es el de disminuir la demanda biológica de oxígeno (DBO).

El tratamiento secundario intenta reproducir los fenómenos naturales de estabilización de la materia orgánica. La ventaja es que se realiza con mucha mayor rapidez, lo que facilita la descomposición de los contaminantes orgánicos en periodos de tiempo más cortos, la desventaja de este tratamiento es que no remueve grandes cantidades de nitrógeno, metales pesados, fosforo y DQO.

La base de este tratamiento es la estrecha relación entre la materia orgánica y los microorganismos como bacterias, hongos, etc. Estos consumen la materia orgánica como su alimento y la convierten en materia biológicamente degradable,  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  y nuevo material celular, para llevar a cabo esta reacción es necesaria una temperatura, un pH y un tiempo de contacto adecuado.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Hoy en día existen una variedad enorme de tratamientos secundarios dependiendo del tipo de microorganismos a utilizar; pueden ser tratamientos aerobios o anaerobios, pero entre los más comunes están los lodos activados, el biodisco, lagunaje y filtro biológico.

- Tratamiento terciario

Por último este tratamiento tiene como objetivo remover contaminantes específicos, los cuales no son suficientemente removidos en el tratamiento secundario. Suelen ser tóxicos, o no biodegradables (fosforo, nitrógeno, nutrientes, etc.).

Entre estos procesos se encuentran intercambio de iones, ultrafiltración, electrodesinfección, rayos UV, membranas cerámicas, etc.

Es importante mencionar que la selección del método a utilizar en la limpieza del agua consta de muchos factores, como son las características físicas y químicas con las que el caudal llega a la planta y el cómo queremos que salga de la misma, es decir que tanto la queremos limpiar.

También es importante considerar que este caudal de aguas residuales que llegan a la planta, varía dependiendo de la zona o del tiempo, ya que puede ser temporada de lluvias, incluso varía a distintas horas del día, dependiendo de los hábitos de la población.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial



Figura 1.1 Etapas del tratamiento de agua residual.

## OBJETIVOS

Objetivo general: Establecer y describir de una manera clara los parámetros fundamentales para llevar a cabo la programación multidisciplinaria de cualquier proyecto industrial

Objetivo particular: Aplicar los conceptos y parámetros establecidos de una manera empírica, a la programación de la secuencia y estructura de la ingeniería básica de una planta de tratamiento de agua residual.



# CAPÍTULO 1

## Definición de proyecto

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Para comenzar a describir el desarrollo de este trabajo es muy importante aclarar ciertos conceptos con los que estaremos trabajando, por ejemplo, si queremos dar una explicación de cómo programar un proyecto industrial definamos, ¿qué es un proyecto?

Un proyecto se refiere a un programa o esquema del plan que debemos hacer antes de dar forma a algo; en una definición más concreta: es el conjunto de actividades y recursos humanos, interrelacionadas entre sí, que se realizan con el fin de obtener un producto, subproducto o servicio y satisfacer así nuestras necesidades.

De esto se deriva que un proyecto industrial sean aquellas actividades coordinadas que tienen como fin la creación de plantas industriales de líneas de producción o de servicio utilizando el equipo y maquinaria requerida.

Según la guía del PMBOK<sup>1</sup> Para realizar un proyecto con éxito es necesario seguir las siguientes 5 etapas:

- Inicio
- Planeación
- Ejecución
- Monitoreo y Control
- Cierre

Con ayuda de estas etapas podemos obtener resultados en cuanto a tiempo, costo y calidad.

El inicio de un proyecto implica la unión de los recursos humanos y asignación de roles dentro del mismo, poder definir un objetivo claro y concreto; establecer la normatividad dentro de la que se va a trabajar, las políticas del equipo de trabajo y los costos o presupuestos asignados al proyecto.

Posteriormente en la planeación podemos establecer cuáles serán las actividades a realizar, mismas que nos harán alcanzar el objetivo establecido.

---

<sup>1</sup> (Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. (Guía del PMBOK), 2003)

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Con todo esto es como comienza la fase de ejecución, en la cual debemos realizar ya todas las actividades planeadas y programadas anteriormente y al mismo tiempo desarrollar la siguiente etapa, el monitoreo y control; esta es una etapa muy crítica ya que nos permitirá mantener el costo del proyecto conforme a lo establecido al inicio del mismo.

Por último la fase de cierre, es la parte donde hacemos entrega del proyecto, con todos los resultados tanto positivos como negativos, para hacer una evaluación del mismo y así realizar las adecuaciones necesarias que nos ayuden a obtener mejores resultados en proyectos futuros.

Sin embargo existen también otras metodologías muy útiles que nos permiten el desarrollo exitoso de un proyecto, una de estas metodologías y que usaremos en el desarrollo de este trabajo es la metodología FEL (Front end Loading) ya utilizada durante muchos años por la empresas.

Esta se basa en el concepto de aprobación de portones, es decir, se tiene que aprobar por completo una etapa para pasar a la siguiente, esto permite el ahorro en costo y a mantener el proyecto en tiempo. Las fases que conforman esta metodología son:

- FEL I: Fase de visualización: Sirve para identificar la oportunidad de negocio con dicho proyecto, se realizan estudios de factibilidad técnico-económicos.
- FEL II: Fase de conceptualización: Se comienza el planteamiento del proyecto para seleccionar una alternativa y avanzar en el mismo.
- FEL III: Fase de definición: Una vez aprobadas las dos fases anteriores se puede comenzar con esta, misma que consta de la realización del alcance, que no es más que la lista de todas las actividades a realizar, y se lleva a cabo la ingeniería básica, al mismo tiempo que se crea un plan de ejecución.

Al final de estas fases se puede comenzar con la fase de ejecución que incluye la ingeniería de detalle, la construcción, y el montaje. Esta última etapa es la que lleva más tiempo y dinero.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Ambas metodologías se apoyan de herramientas muy útiles que facilitan la realización del trabajo. Una muy utilizada es el EDT (Estructura de Desglose de Trabajo) o WBS (Work Breakdown Structure por sus siglas en inglés) esta nos permite la separación del trabajo en bloques, de mayor a menor importancia de tareas, por etapas, etc., lo cual nos ayuda a establecer de mejor manera un alcance, mismo que podemos definir los objetivos que deseamos alcanzar en cada etapa del proyecto, entre entregables, reuniones, evaluaciones, etc. y que puede ir cambiando a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Esta herramienta nos permite organizar el trabajo necesario para completar los objetivos del proyecto.

Además de esta herramienta, existen otras que también son muy útiles en el desarrollo de un proyecto y que permiten un mejor control en tiempo y costo, como son:

- PERT: Project evaluation and review technique.
- CPM: Critical Path Method.

Ambos son idénticos en metodología y concepto, sin embargo con CPM los tiempos de las actividades son determinísticos, y con PERT son estadísticos.

En general, se busca realizar un proyecto de forma gráfica, y relacionar sus actividades de tal forma que permita determinar cuáles son cruciales para finalizar el proyecto, para ello es necesario tener actividades bien definidas, independientes y ordenadas.

Este tipo de herramientas define lo que es la ruta crítica, la cual es el camino sobre la que se debe tener estricto control ya que determina la duración total de proyecto. Esta señala las actividades que no pueden tener holgura, ya que representa un paso importante y significarían un atraso en el proyecto.

Podemos decir entonces que el éxito de un proyecto lo medimos con cuatro puntos cruciales:

- Tiempo
- Costo

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- Alcance
- Calidad.

El tiempo es sumamente importante, ya que de este depende el costo del proyecto, y para que este sea óptimo, debemos definir correctamente nuestro alcance.

Sin embargo, ¿cómo podemos medir la calidad de un proyecto?; si bien los tres puntos anteriores definen en parte la calidad de un trabajo, debemos considerar otros aspectos.

Para comenzar debemos saber que es la calidad, la cual definiremos como el cumplimiento de normas y especificaciones que garantizan beneficios a la sociedad, ya que están destinados a la protección de la integridad, de la salud, y el medio ambiente.

Dentro del desarrollo de un proyecto industrial es importante cumplir con ciertas normas y estándares internacionales, los cuales han sido establecidos por instituciones especialistas en el tema.

Hay muchos productos que pueden ser normados, así como sus procesos de elaboración. Pueden normarse en:

- Materiales (plásticos, acero, papel, etc.)
- Elementos y productos (tornillos, tuberías, herramientas, etc.)
- Maquinas (motores, electrodomésticos)
- Temas generales (ambiente, agua, seguridad, unidades de medida, etc.)

### **INSTITUCIONES:**

Existen muchísimas instituciones encargados de la normativa, entre los más importantes internacionales están:

- ISO (Organismo Internacional de Normalización): Se encarga de la creación y promoción del uso de estándares propietarios, industriales y comerciales a nivel mundial.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- IEC (Comisión Electrotécnica Internacional): Organismo responsable de la normalización en el ámbito de la electrónica.
- ITU (Unión internacional de Telecomunicaciones): Organismo activo en el ámbito de las telecomunicaciones.

Sin embargo, cada país también cuenta con instituciones propias encargadas de la normativa, por ejemplo:

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) de España.
- SIS (Swedish Standards Institute) de Suecia.
- UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) de Italia.
- BSI (British Standards Institution) de Reino Unido
- IPQ (Instituto Portugues da Qualidade) de Portugal.

Existen también asociaciones especialistas que han desarrollado ciertos códigos que permitan trabajar bajo ciertas especificaciones de diseño, construcción e inspección para equipos, y accesorios como son:

- ASME (American Society of Mechanical Engineers) que desarrolla estándares técnicos, trabajando principalmente con calderas y recipientes sujetos a presión.
- ASCE (American Society of Civil Engineers) dedicada a crear códigos que ayuden y faciliten el diseño y construcción de obras civiles.
- AWS (Sociedad Americana de Soldadura) promueve la ciencia, y la aplicación a la soldadura y procesos de corte. Publica múltiples códigos en aspectos de materiales de unión.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers) se dedica al diseño de sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración, cuenta con volúmenes que sirven como manuales, además de estándares y guías relacionadas con estos temas.
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) estandariza y desarrolla áreas técnicas, sus estándares afectan ramas como la salud, potencia, energía.

## **Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial**

Además de estas asociaciones cada país crea sus propias organizaciones, encargadas de regular los productos o servicios, los cuales cuentan con normas, reglamentos o protocolos que rigen estos proyectos. Sin embargo, muchas empresas cuentan con estándares a utilizar que les sirven mucho al momento de realizar su trabajo, ya que facilita el desarrollo del mismo y se crea una metodología, lo mismo al momento de diseñar planos, hacer memorias de cálculo, listas, etc., algunos de estos estándares están basados en algunos utilizados por las instituciones mencionadas arriba o que simplemente han desarrollado a lo largo del tiempo, pero que como ya lo mencionamos cumplen con la calidad requerida.

## C A P Í T U L O 2

D e s c r i p c i ó n d e  
p a r á m e t r o s y s e l e c c i ó n  
d e p r o y e c t o



## DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS

Dentro de la elaboración de un proyecto y sin importar el tipo del que estemos desarrollando, es importante considerar muchos aspectos para que este sea llevado a cabo exitosamente, por ejemplo la integración de un equipo de trabajo, es decir; con la gente adecuada, con la experiencia y conocimientos suficientes. Es indispensable que en los grupos de trabajo exista un líder, el cual debe cumplir también con un perfil establecido, en el ámbito laboral comúnmente en empresas ya establecidas, con ciertos proyectos de experiencia, se tienen designados a los líderes de cada área de trabajo, gente de confianza y con los conocimientos requeridos, encargados de guiar al grupo para hacer un trabajo de calidad.

Hay cierto tipo de documentos que forman parte del desarrollo de un proyecto, mismo que pueden ser designados como tareas y que son parte del alcance, mismos a los que, para fines de este trabajo, llamaremos “entregables”, de los cuales presentamos una breve descripción:

- Acta constitutiva.

Entre los entregables más importantes y que marcan el inicio de un proyecto, se encuentra el “Acta constitutiva”.

Este documento es un acuerdo entre el cliente y la empresa, en el cual, se establece de manera general una descripción del proyecto, las actividades a realizar, los ingenieros encargados, así como un costo estimado del proyecto. Este documento puede interpretarse como un banderazo inicial a la realización de un proyecto.

- Estudio de mercado.

Dependiendo del tipo de proyecto que realicemos (un producto o un servicio), podemos realizar un “estudio de mercado”, en él, analizamos la oportunidad que tiene nuestro producto de ser un negocio rentable, observamos los gustos de las personas, como podemos mejorar nuestro producto para así disminuir la posibilidad de un fracaso, analizamos a la competencia dentro del mercado, los precios

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

establecidos e incluso nos ayuda a estimar la capacidad de producción óptima para nuestro proyecto.

Los siguientes documentos son clave dentro del desarrollo de la ingeniería de un proyecto.

- Bases de Diseño.

Este es un documento es normalmente elaborado en conjunto; entre el cliente, el ingeniero encargado del proyecto y el ingeniero de proceso. En él se establecen generalidades como el proceso en sí, la localización de la planta, la capacidad, condiciones de operación, normas de eliminación de desechos, almacenamiento, servicios auxiliares, sistemas de seguridad, normas y códigos. También pueden establecerse las bases de diseño por ingeniería, como las eléctricas que establecen la clasificación de áreas dependiendo del flujo manejado.

Las de diseño de instrumentos; como el tipo de tableros, de señales, de materiales, etc.

De equipos, por ejemplo: intercambiador de calor: número de tubos, diámetro de coraza, etc.

De tuberías que especifican los soportes, el drenaje, materiales, etc.

Por mencionar algunas.

- La descripción del proceso

Tal cual el nombre lo dice, es la clara información de cómo debe ser el proceso de transformación de los reactivos para obtener el producto, en él se mencionan las condiciones de presión, temperatura, pH, etc., óptimas y los pasos consecutivos que nos llevaran al producto deseado.

- Los Balances de materia o energía.

Este es uno de los documentos más importantes a desarrollar, es una herramienta en la que se contabilizan los flujos de materia y energía en un proceso industrial y sus alrededores, o en las distintas operaciones que lo integran, todo esto nos

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

permitirá conocer los requerimientos de servicios auxiliares, como vapor o refrigeración. Estos son la base para un correcto dimensionamiento de equipos tanto de proceso como de servicio.

- Arreglo general (Layout)

Es un plano en el cual se muestra de forma gráfica la distribución de la planta y sus componentes, como los equipos, los cuerpos civiles, calles, etc.

Con ayuda de este plano, podemos cambiar la ubicación de los equipos y cuerpos de la manera más conveniente para facilitar la construcción y operación de la planta.

- Diagrama de flujo de proceso (DFP)

Es una breve descripción gráfica del proceso, en él se utilizan símbolos para representar el flujo del proceso y se unen entre sí con flechas que indican la dirección del mismo. Este permite una fácil comprensión y conocimiento del mismo, el número de pasos, operaciones principales e interdepartamentales, entre sus principales ventajas está el de facilitar el establecimiento de mecanismos de control y es un punto importante para la mejora y rediseño del proceso.

- Diagrama de tuberías e instrumentación. (DTI)

Este plano se origina justo de un DFP, es un plano en el cual se muestran las tuberías y los componentes relacionados con el flujo de un proceso físico, estos son fundamentales si queremos modificar o dar mantenimiento al proceso.

Estos planos deben contener información clave como son: las claves de las tuberías e instrumentación, esquemas de control y apagado, requisitos de seguridad y normativa, así como la información básica de arranque y operación, entre otras.

Estos se diferencian de los DFP's en su complejidad, ya que los DTI's requieren de información más precisa, sobre todo en las especificaciones de tuberías y el control del proceso.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- Memorias de cálculo

Estas son procedimientos en el cual se describe de forma detallada cómo se realizaron los cálculos de los equipos o fases del proceso, su importancia es tal, que de la buena elaboración este documento depende en mucho una buena calidad en el proyecto.

- Criterios de diseño

Los criterios de diseño, son especificaciones propias de los equipos, estos nos permiten conocer el rango en el cual un equipo puede funcionar de manera óptima y realizar una correcta instalación; también pueden estar basando en la normatividad del lugar y en muchos casos son proporcionados por empresas que tienen experiencia en el uso de dicho equipos.

- Hojas de datos

Son la información básica acerca de los equipos, contiene el nombre del equipo, la clave, una breve descripción, el material con el que está hecho, su rango de operación, tamaño, volumen, etc. éstas nos proporcionan la información base con la cual, podemos comenzar la cotización de un equipo.

Al tener ya la ingeniería básica desarrollada podemos comenzar con una ingeniería de detalle, esto puede incluir planos en 3D, pero esto dependerá de la forma de trabajar de cada empresa.

A continuación presentamos a manera ilustrativa ejemplos de los documentos anteriormente presentados.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Bombas Sumergibles Hoja de Datos				Cliente Proyecto No Proyecto				
<b>DATOS DE OPERACIÓN</b>								
Sistema	Bombeo de Agua Cruda			Tag	P-201/202/203/204		Tipo	Sumergible
Unidades	Instaladas	4	pza	Operando	3	pza	Relevo	1
Temperatura	26.3 °C			Presión Atm.	14.64 psia			
Líquido	Agua Residual			Viscosidad	0.86 cp		Densidad	62.18 lb/ft <sup>3</sup>
Flujo	Máximo		gpm	Mínimo		gpm	Normal	2,377.55 gpm
Presión de Vapor	0.49 psia			NPSH D	34.20 ft			
pH	7 s.u.			Sólidos	2 %			
Presión	Succión	0.00 psig		Descarga	16.82 psig		Diferencial	38.93 ft
Suministro Eléctrico	440 Volts				3	Fases		60 Hz
Instalación	Fija Pozo Húmedo	<input checked="" type="checkbox"/>		Fija Vertical Pozo Seco	<input type="checkbox"/>		Estacionaria en Columna	<input type="checkbox"/>
	Portátil Pozo Húmedo	<input type="checkbox"/>		Fija Horizontal Pozo Seco	<input type="checkbox"/>			
<b>DATOS TECNICOS</b>								
<i>Identificación</i>				<i>Construcción</i>				
Fabricante	(*)			Boquilla de Succión	Diámetro	(*) in		
Modelo / Tamaño	(*)				Orientación	Fondo / Concéntrica		
Dibujo de Bomba No.	(*)				Tipo	Abierta	<input type="checkbox"/>	
Velocidad	(*) rpm					Campana	<input type="checkbox"/>	
NPSH Requerido	(*) ft					FF	<input type="checkbox"/>	
Eficiencia de la Bomba	(*) %					RF	<input type="checkbox"/>	
Máxima Inmersión	(*) ft				Clase	150 #		
Nivel Mínimo Requerido	(*) ft				Boquilla de Descarga	Diámetro	(*) in	
Curva No.	(*)			Orientación		(*)		
Carga de Paro	(*) ft			Tipo		Codo Int.	<input type="checkbox"/>	
Sentido de Rotación	(*)					Acoplam.	<input type="checkbox"/>	
<i>Construcción</i>						Espiga	<input type="checkbox"/>	
Impulsor	Alabes Múltiples Abierto	<input type="checkbox"/>				NPT	<input type="checkbox"/>	
	Alabes Múltiples Cerrado	<input type="checkbox"/>		FF		<input type="checkbox"/>		
	Tipo Canal	<input type="checkbox"/>		RF		<input type="checkbox"/>		
	Tipo Vórtice	<input type="checkbox"/>		Clase	150 #			
	Cortante	<input type="checkbox"/>		Diámetro del Impulsor	Diseño	(*) in		
	Triturador	<input type="checkbox"/>			Mínimo	(*) in		
Tipo Hélice	<input type="checkbox"/>		Máximo		(*) in			
Montaje	Acoplamiento a Codo de 90°	<input type="checkbox"/>		Area del Ojo Total	(*) in			
	Pedestal	<input type="checkbox"/>		Interruptor de Nivel	Tipo Capacitivo	<input type="checkbox"/>		
	Patas	<input type="checkbox"/>			Flotador	<input type="checkbox"/>		
	Suspendida	<input type="checkbox"/>			Ultrasónico	<input checked="" type="checkbox"/>		
	Horizontal	<input type="checkbox"/>			Presión Diferencial	<input type="checkbox"/>		
Succión Acoplada a Conducto	<input type="checkbox"/>		Recubrimiento Cuerpo		(*)			
Detector de Humedad	Cámara de Aceite	<input type="checkbox"/>		Sello Mec. Inferior	(*)			
	Cámara de Estator	<input type="checkbox"/>		Sello Mec. Superior	(*)			
Protector Térmico	(*)			Coladera de Succión	(*)			
Temperatura de Apertura de Contacto	(*) °C			Diam. Malla Coladera	(*) in			
Izaje	Rieles	<input type="checkbox"/>		Agitador de Sólidos	(*)			
	Flexible	<input type="checkbox"/>		<i>Motor</i>				
Rieles por	(*)			Fabricante	(*)			
Diámetro Rieles	(*) in			Tipo (NEMA / IEC / NEC)	(*)			
Pedestal y Ménsulas por	(*)			Velocidad	(*) rpm			
Longitud Cadena	(*) ft			Potencia	(*) HP			
Lubricación Rodamientos	(*)			Factor de Servicio	(*)			
Especificación del Lubricante	(*)			Amp. a Plena Carga	(*) Amps			
Enfriamiento	Líquido Sumergido	<input type="checkbox"/>		Eficiencia del Motor	(*) %			
	Aceite	<input type="checkbox"/>		Código de Diseño	(*)			
Tipo de Aceite	(*)			Código Aislamiento	(*)			
Tiempo de Disparo sin Enfriamiento	(*) min			Tipo de Acoplamiento	(*)			
Tipo de Anillo de Desgaste	(*)			Longitud Cable	(*) ft			
Máximo Diámetro de Esfera	(*) in			Recubrimiento Cable	(*)			
Mínimo Espacio Succión - Fondo Cárcamo	(*) in			Número de Arranques	(*) Arr/h			

Figura 2.1 Hoja de datos de bomba hidráulica.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Memoria de Cálculo				Cliente Proyecto		No Proyecto	
<b>INFORMACION DEL SITIO</b>							
Altitud				30.0	msnm		
Presión Atmosférica				14.64	psia		
Temperatura interna máxima del cuarto de sopladores				35.0	°C	95.0	°F
Temperatura máxima de salida del cuarto de sopladores				40.0	°C	104.0	°F
Temperatura exterior Promedio				35.0	°C	95.0	°F
Húmedad relativa				80%			
Densidad del aire a condiciones exteriores				0.07131	lb/ft3		
Densidad del aire a condiciones de salida del cuarto				0.07017	lb/ft3		
Densidad del aire a condiciones interiores del cuarto.				0.07131	lb/ft3		
Presion Standard				14.696	psia		
Humedad Relativa Standard				0.339			
Presion de Vapor del Agua standard				0.816			
Temperatura standard				528.00	°R		
Presion barométrica				14.70	psia		
<b>INFORMACIÓN DE SOPLADORES</b>							
MODELO	CANTIDAD	OPERANDO	STAND-BY	POTENCIA (HP)	AIRE (SCFM)		
TURBLEX	1	1	-	250.0	5,800.0		
AERZEN	2	2	-	150.0	2,900.0		
<b>PÉRDIDAS DE CALOR</b>							
	CALOR GENERADO		CALOR TOTAL GENERADO		AIRE ASPIRADO EN SALA		
TURBLEX	59,171	BTU/hr	59,171	BTU/hr	-	SCFM	
AERZEN	32,258	BTU/hr	64,516	BTU/hr	5,800.0	SCFM	
TOTAL	<b>182,858</b>	<b>BTU/hr</b>	<b>123,687</b>	<b>BTU/hr</b>	<b>5,800.0</b>	<b>SCFM</b>	
<b>AIRE REQUERIDO PARA ENFRIAMIENTO</b>							
CALOR ESPECÍFICO DEL AIRE				0.25	BTU/lb-F		
FLUJO DE AIRE DE ENFRIAMIENTO				54,972.0	lb/hr	24,934.9	Kg/Hr
AIRE PARA SOPLADOR				24,816.5	lb/hr	11,256.6	Kg/Hr
FLUJO DE AIRE SOLO PARA ENFRIAMIENTO				67,380.2	lb/hr	30,563.2	Kg/Hr
<b>LOUVERS</b>							
CAPACIDAD REQUERIDA / EXTRACTORES				15,748	scfm	26,755.54	m <sup>3</sup> /hr
VELOCIDAD DEL AIRE				950	ft/min	4.83	m/s
AREA LIBRE REQUERIDA				16.6	ft <sup>2</sup>	1.54	m <sup>2</sup>
CAIDA DE PRESION / FLUJO TOTAL				0.10	In WC	2.54	mmca
TIPO				CELOSIA 0.3 m X 0.3 m			
DIMENSIONES CELOSIA				0.3 m H x 0.3 m L			0.09 m <sup>2</sup>
No. HILERAS CELOSIA				2			0.18 m <sup>2</sup>
LONGITUD REQUERIDA DE CELOSIA				8.6 m L			
DIMENSIONES HUECO				0.6 m H x 5.0 m L			3.00 m <sup>2</sup>
AREA EFECTIVA CELOSIA				60%			1.80 m <sup>2</sup>
Nota: Con 2 hileras de celosia y una longitud lineal de muro de 5.0 mts, se cubre el requerimiento de área para enfriamiento.							
<b>CALCULO DE EXTRACTOR DE AIRE</b>							
NUMERO DE EXTRACTORES / OPERACIÓN				1	u		
NUMERO DE EXTRACTORES / STAND-BY				1	u		
CAPACIDAD EXTRACTOR				15,748	scfm	26,755.5	m <sup>3</sup> /hr
<b>CAPACIDAD PROPUESTA (corrección caída de presión)</b>				<b>18,110</b>	<b>scfm</b>	<b>30,768.9</b>	<b>m<sup>3</sup>/hr</b>
MODELO				Pendiente por proveedor			
MARCA				SOLER & PALAU			
DIMENSIONES (LARGO, ANCHO, DIAMETRO)				- mm			

Figura 2.2 Hojas de datos de sopladores.

# Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

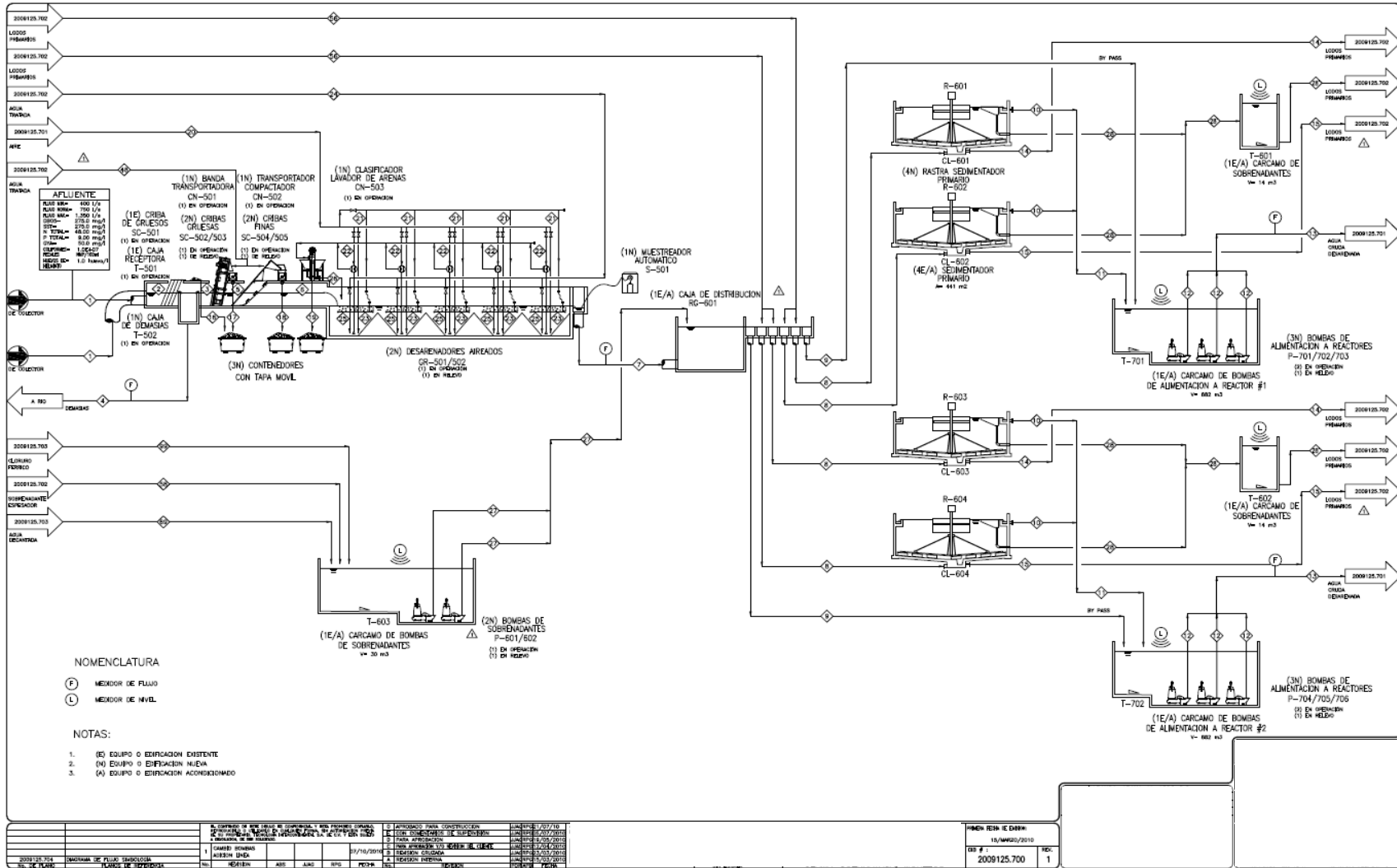


Figura 2.3 Diagrama de tuberías e instrumentación (parte 1).

# Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

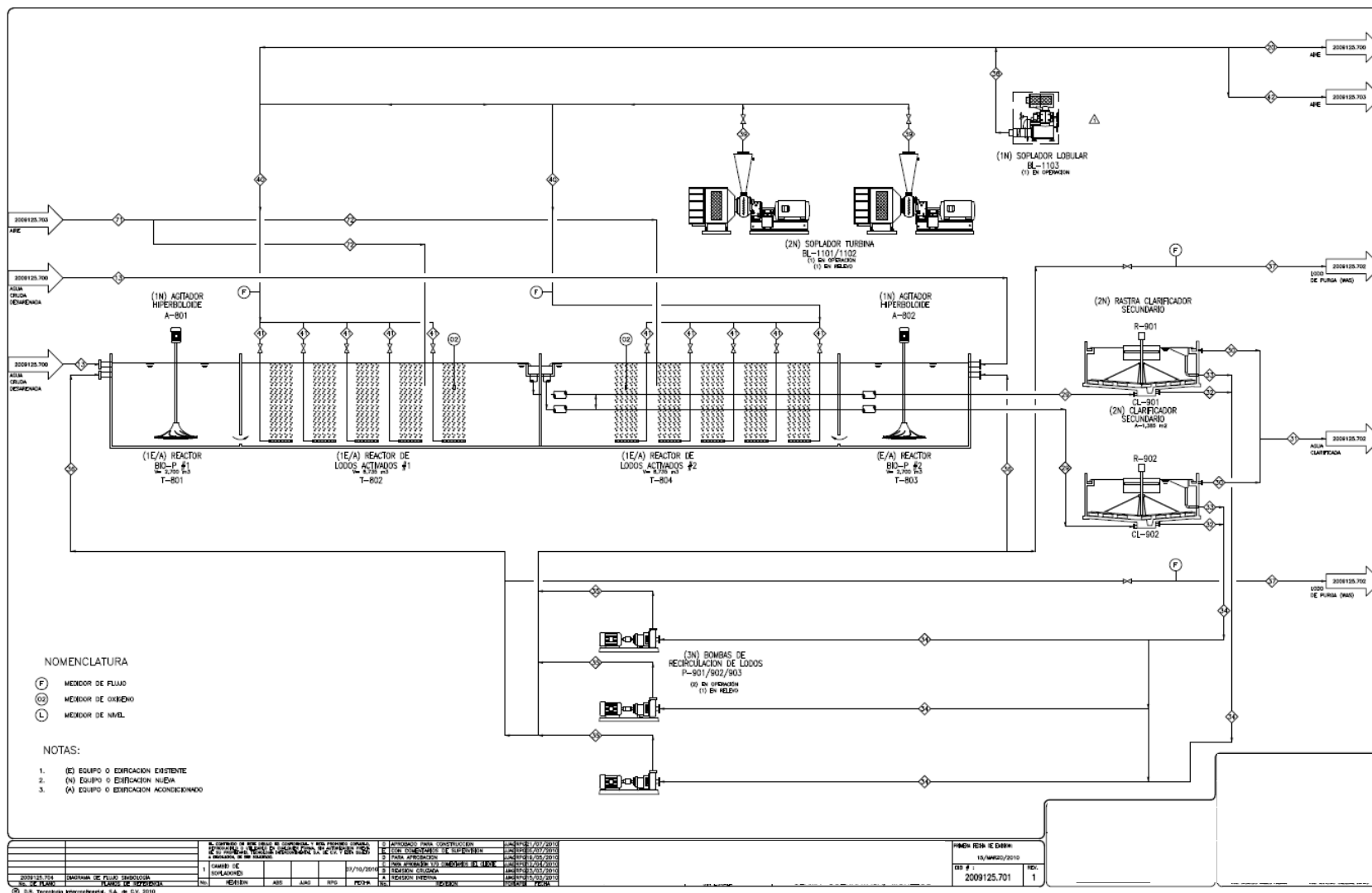


Figura 2.4 Diagrama de tuberías e instrumentación (parte 2).



### Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

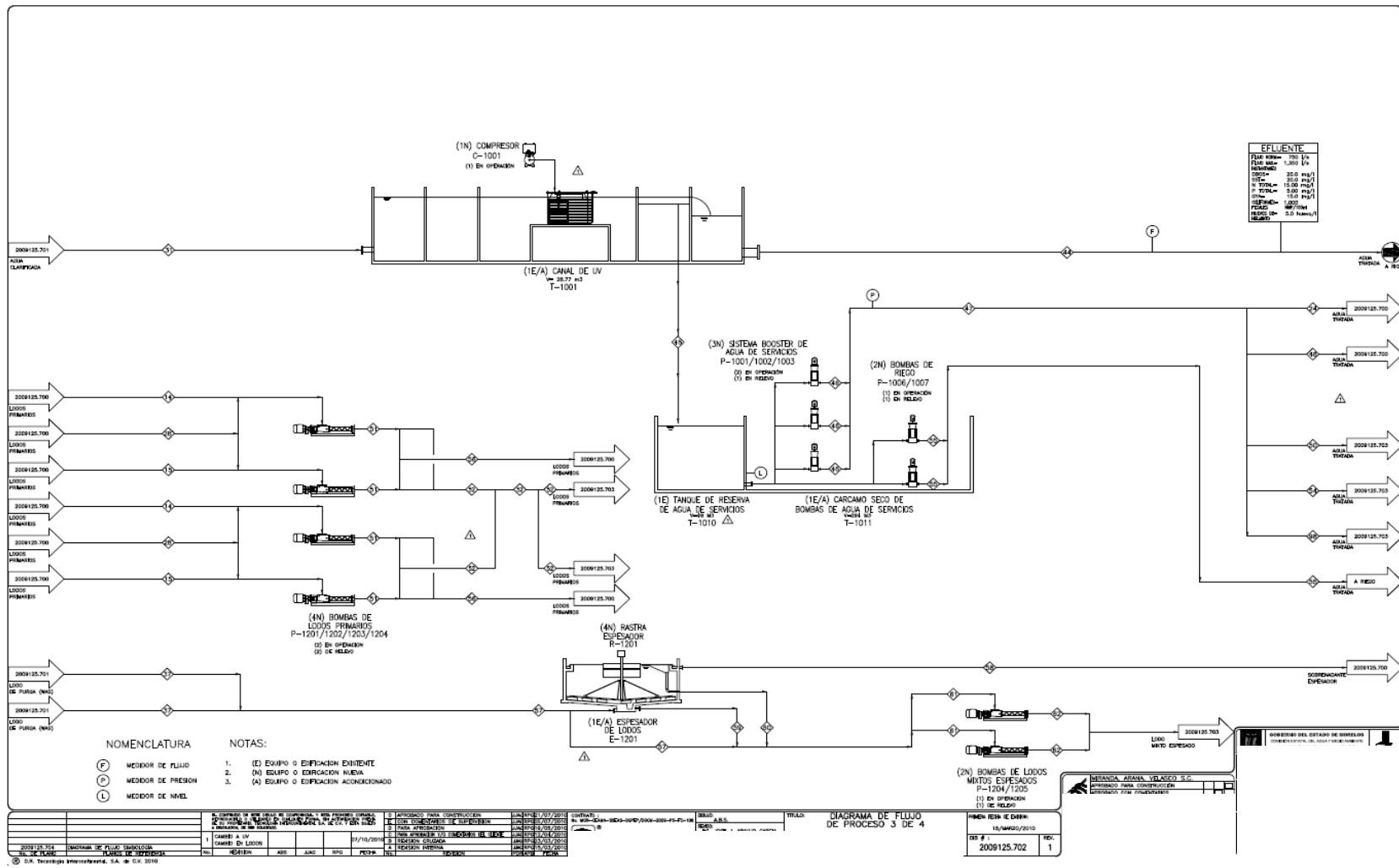


Figura 2.5 Diagrama de tuberías e instrumentación (parte 3).

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

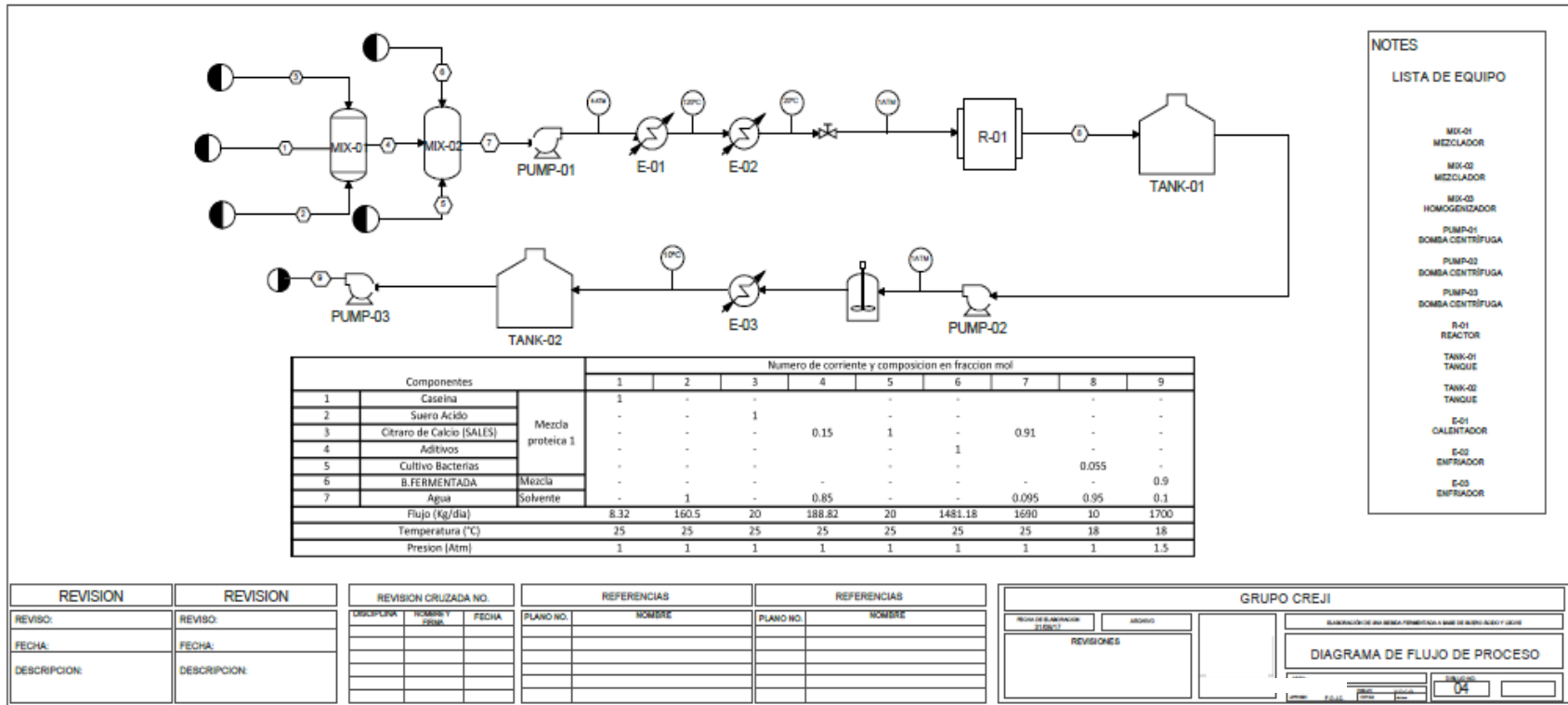


Figura 2.6 Diagrama de flujo de proceso y balance de materia.

## **SELECCIÓN DE PROYECTO**

Seleccionamos un proceso con el buscamos describir de una manera clara como programar las distintas disciplinas. Paso a paso iremos describiendo las horas designadas a los recursos humanos utilizados y la forma detallada en que se programó.

Como ya mencionamos el ejemplo de aplicación de los conceptos es la programación de la ingeniería básica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en Cuernavaca, Morelos. El diseño depende principalmente de dos factores; uno son las características físicas y químicas con las que llega el agua a la planta y el otro es como queremos que salga el agua de la misma, es decir que tanto la queremos limpiar. La planta en estudio dedica su operación al tratamiento de aguas residuales municipales, es decir se enfoca en aguas domésticas, que, como ya se mencionó anteriormente, son procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas. Estas contienen en su mayoría sólidos, materia inorgánica, grasas, sales, detergentes, geles, jabones, etc.

Esta planta tiene una capacidad de 750 litros por segundo como capacidad normal y de 1350 litros por segundo como capacidad máxima.

Se busca cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 de la cual hablaremos a detalle más adelante, por lo que el proceso consta de un desarenador, un cribado grueso y un cribado fino como tratamiento primario, un reactor de lodos activados y un clarificador secundario como tratamiento secundario y un canal UV como terciario.

Además de los cuerpos ya mencionados, la planta constará con un edificio administrativo, un laboratorio, una caseta de vigilancia, edificio de servicios y sopladores y un edificio de deshidratado de lodos.

Cabe mencionar que al comenzar un proyecto, es importante siempre considerar el ámbito externo, es decir, la población afectada, la beneficiada, el área (si se afecta ecológicamente), incluso factores ambientales, como la temperatura (misma que en

Cuernavaca varía desde los 8 ° C hasta los 34 ° C) y la normativa aplicable a nuestro proyecto.

### **NORMATIVA**

En México la gestión jurídica del agua tiene como fundamento primero la Constitución Política, dentro de los artículos 4º, 27 y 115.

El artículo 4º reconoce que toda persona tiene el derecho al acceso, la disposición y el saneamiento del agua para el consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible.

En el artículo 27 señala que las aguas son propiedad de la Nación y sienta las bases para que el Estado regule su aprovechamiento sostenible, con la participación de la ciudadanía y de los tres niveles de gobierno.

Por último, en el artículo 115, se especifica que los municipios tienen a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

En cuanto a las leyes, o legislación secundaria, es la Ley de Aguas Nacionales (LAN) en lo establecido en el artículo 27 constitucional, la encargada de regular la distribución y el control del agua mediante concesiones, y designa a la Comisión Nacional del Agua como el órgano responsable de ejercer la autoridad del agua.

Existe también la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA) donde se establecen los criterios para el control de la contaminación del agua, incluyendo los tratamientos de las descargas de aguas residuales. De acuerdo a esta ley, es responsabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) expedir las Normas Oficiales Mexicanas para prevenir y controlar la contaminación de las aguas nacionales.

Conforme a esto, existen tres normas oficiales que establecen los límites permisibles de contaminantes en agua que debe haber dependiendo del lugar al que sea la descarga

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

La Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

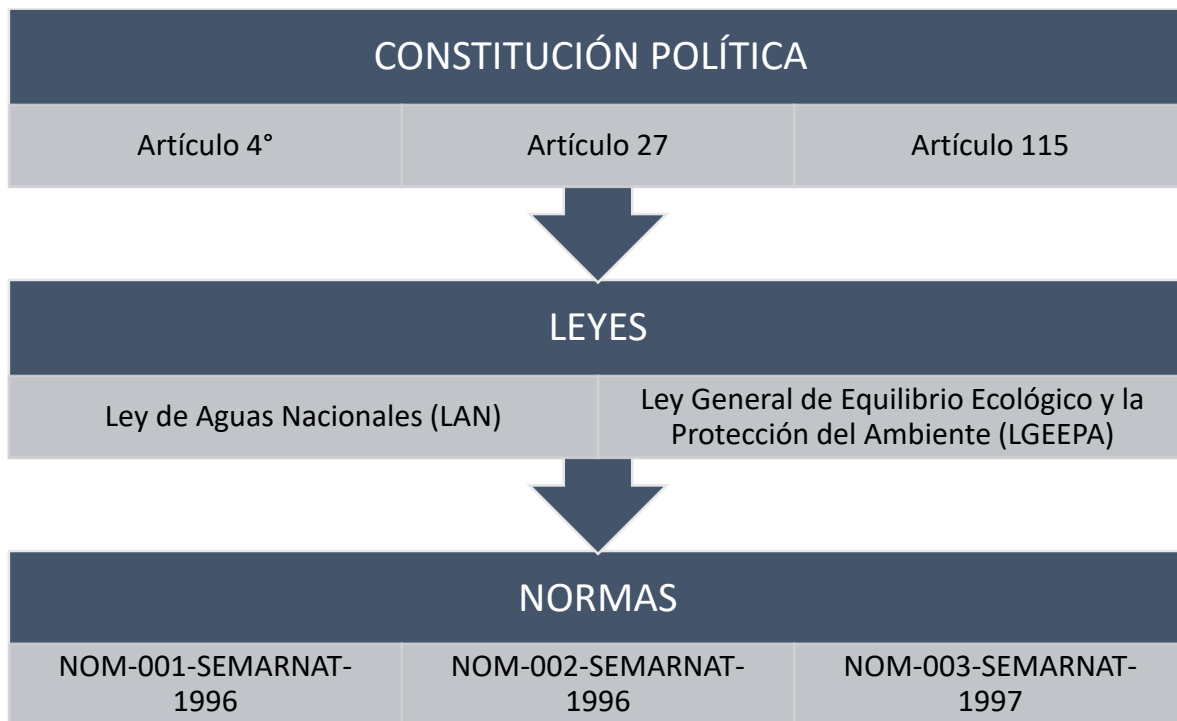


Figura 2.7 Marco regulatorio en el manejo de aguas en México.

# CAPÍTULO 3

## Descripción del proyecto

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Este proyecto lo podemos desarrollar aplicando la metodología de FEL, más específicamente la fase de FEL III, en la etapa de definición, ya que consideraremos que el proyecto ha superado las dos etapas anteriores: visualización y conceptualización, también utilizaremos la herramienta de WBS, que nos permitirá desarrollar de mejor manera la programación de la ingeniería básica de PTAR en bloques.

Este proyecto tiene como objetivo enfocarse en la programación únicamente de los entregables de la ingeniería, es decir, los aspectos económicos no son considerados.

No es nuevo que existen muchas disciplinas, involucradas en el desarrollo de un proyecto industrial, las cuales en mayor o medida forman parte de un proyecto, sin embargo dentro del diseño de una PTAR las disciplinas de ingeniería que tienen mayor presencia son:

- Ingeniería civil.
- Ingeniería de proceso.
- Ingeniería mecánica.
- Ingeniería eléctrica.
- Ingeniería de tuberías e instrumentación

Estas ingenierías forman parte del WBS, el cual, como ya se mencionó se conforma de bloques, mismo que son:

- Ingeniería básica.
- Ingeniería de detalle.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

INGENIERÍA BÁSICA
Ingeniería de proceso
Diagramas
Memorias de cálculo
Hojas de datos
Ingeniería civil
Excavación
Cimentación
Estructura
Ingeniería de tuberías e instrumentación
Plano
Hojas de datos
Ingeniería mecánica
Memorias de cálculo
Planos

Tabla 3.1 Ingeniería básica según metodología FEL

INGENIERÍA DE DETALLE
Ingeniería civil
Fachada y detalles
Ingeniería eléctrica
Planos
Memorias de cálculo
Hojas de datos
Especificaciones
Ingeniería de tuberías e instrumentación
Especificaciones

Tabla 3.2 Ingeniería de detalle según metodología FEL

Como podemos observar hay ingenierías que forman parte de varias etapas dentro de la metodología FEL, lo que puede complicar un poco la programación de las tareas, es por ello que se decidió trabajar, como ya se había mencionado, los bloques del WBS por ingenierías, cada una con todos los planos, memorias de cálculo, hojas de datos o diagramas que a ella correspondan.

Dentro de la programación de un proyecto industrial, hay ciertos puntos que debemos considerar como son: el número de ingenieros (por disciplina) con los que contaremos para el desarrollo del trabajo, los horarios de trabajo establecidos, las horas hombre que se tardará en ser desarrollada una tarea por cada ingeniero. Es por esto que hemos considerado la opinión de ingenieros expertos, los cuales nos han asesorado con base a su experiencia y conocimiento en el tema de diseño de plantas de tratamiento de agua en la asignación de los valores para los puntos antes



## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

mencionados, esto con el fin de tener un completo control de la programación para así establecer la ruta crítica de nuestro proyecto.

A continuación presentamos esta información.

- Ingeniería civil: 4 ingenieros (A, B, C, D)
- Ingeniería de proceso: 2 ingenieros (Ing. Proc. A, Ing. Proc. B)
- Ingeniería mecánica: 3 ingenieros (A, B, C)
- Ingeniería eléctrica: 3 ingenieros (A, B, C)
- Ingeniería de tuberías e instrumentación: 3 ingenieros (A, B, C)

Está establecido un calendario de trabajo el cual es de lunes a viernes con un horario de 8 horas de trabajo diarias, de 9:00 a 13:00 hrs. y de 15:00 a 19:00hrs. Excepto días festivos. El día de inicio del proyecto contemplado es el miércoles 14 de febrero del 2018.

Dentro de las horas hombre asignadas para la elaboración de cada documento se estableció el siguiente promedio:

- Memorias de cálculo: 20 horas
- Hojas de datos: 10 horas
- Diagramas: 40 horas
- Planos: 20 horas
- Arreglos: 20 horas
- Especificaciones: 8 horas

Hay muchos tipos de herramientas que nos pueden ayudar a facilitar la programación de un proyecto, como son los software de computadoras, hoy en día existen muchísimos, los cuales tienen muchas ventajas y desventajas dependiendo de nuestra forma de trabajar.

Entre los más populares, se encuentran:

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- GanttProject:

Es un programa que como su nombre lo dice, su característica más destacada es la creación de Diagramas de Gantt, permite convertirlos en PDF o HTML, su interfaz es fácil de usar y permite organizar las tareas de forma muy gráfica.

Su única desventaja es que requiere la instalación desde el ordenador.

- Asana

De los creadores de Facebook, este software está pensado en el trabajo en equipo, este software permite tener comunicación con los demás miembros del equipo, puedes comentar y hacer cambios que se actualizan al instante, también es accesible a cualquier dispositivo móvil.

- Blimp

En Blimp, podemos ver todos los proyectos que estamos creando, quienes participan en cada uno, una fecha límite y el grado de avance, incluso podemos designar un supervisor de proyecto, mismo que puede ser un cliente; podemos ordenar las tareas por prioridad, además de que dispone de un historial, con el cual podemos dar seguimiento al proyecto desde el inicio.

- Microsoft Project.

De las más populares del mercado, es parte de la papelería de Microsoft, este software te ayuda a empezar rápidamente sus proyectos, sus plantillas integradas ayudan a mantener la productividad, ofrece crear diagramas de Gantt, administrar los recursos y los tiempos, incluso te da la opción de presentar informes completos con todos los detalles de costos, avance, recursos, etc.

Debido a la mayor familiarización con Microsoft Project, hemos decidido utilizar este software como herramienta de trabajo para este proyecto.

# C A P Í T U L O 4

## P r o g r a m a c i ó n d e u n a P T A R

## **Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial**

A continuación se presentan la lista de los entregables los cuales representan tareas a realizar, correspondientes a cada ingeniería involucrada, estas están agrupadas en bloques del WBS y que serán presentados en el Diagrama de Gantt del proyecto el cual ilustra el trabajo de programación completo.

Es importante establecer una ruta general de programación del proyecto, la mayoría de los proyectos industriales tienen su comienzo con la ingeniería de proceso, esta nos permite establecer las bases de lo que vamos a construir, como cantidades, dimensiones, incluso costos, etc.

Posteriormente se continua con la ingeniería civil, ya que en esta se comienza a considerar los preparativos del terreno, debemos tomar en cuenta el orden en que comenzaremos a diseñar los cuerpos civiles, ya que en muchos proyectos se comienza la fase de construcción una vez que la fase de ingeniería básica está avanzada, entonces, hay que considerar donde colocar los restos de tierra que extraemos (movimientos de tierras), los materiales a utilizar, material de baños y vestidores, etc., todo esto con el fin de facilitar la construcción.

Continuamos con la ingeniería mecánica, misma que interviene más en unos cuerpos civiles que en otros, pero que desarrolla un papel muy importante dentro de todo proyecto.

La ingeniería eléctrica es indispensable en cualquier edificio, ya que invariablemente vamos a tener al menos un alumbrado, y en otros dependiendo del equipo a utilizar vamos a requerir de planos más sofisticados. Cabe mencionar que esta ingeniería depende del avance de otras para poder comenzar a diseñar planos.

Por último y con la misma importancia que las demás, trabajamos la ingeniería de tuberías e instrumentación, misma que debe considerar los detalles que permitirán que el funcionamiento del proyecto sea de mayor facilidad.

### **4.1 PROGRAMACIÓN DE LA INGENIERIA DE PROCESO**

Una de las ingenierías básicas en el diseño y construcción de una PTAR es la ingeniería de proceso. Esta es la disciplina encargada del diseño, evaluación,

optimización, construcción y operación de todos los elementos necesarios en la producción de compuestos o servicios que requieren de transformaciones físicas y químicas de la materia.

Como ya se mencionó en el capítulo 3 “Descripción de parámetros y selección de proyecto”, esta disciplina consta de ciertos entregables fundamentales para la elaboración de su ingeniería básica, mismos de los que ya se dio una breve descripción, a continuación se enlistan los principales documentos a realizar en el diseño y construcción de una PTAR.

- Diagramas
  - ❖ Diagrama de Flujo de Proceso.
  - ❖ Diagrama de Tuberías e Instrumentación.
  - ❖ Diagrama de Simbología.
- Memorias de cálculo
  - ❖ Bases de diseño.
  - ❖ Memoria Descriptiva
  - ❖ Memoria de Cálculo de Proceso.
  - ❖ Filosofía de Operación y Laboratorio.
  - ❖ Filosofía de Control.
  - ❖ Descripción de Control.
  - ❖ Manual de Operación y Mantenimiento.
- Hojas de datos.
  - ❖ Criba de Barras Cárcamo de Aguas Crudas.
  - ❖ Banda Transportadora Cribado Grueso.
  - ❖ Bombas de Aguas Crudas.
  - ❖ Criba Fina.
  - ❖ Transportador.
  - ❖ Desarenador Aireado.
  - ❖ Difusor de Burbuja Fina.
  - ❖ Soplador Centrifugo Turbo.
  - ❖ Clarificador Secundario.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Bombas de Recirculación de Lodos.
- ❖ Equipo de Desinfección UV.

El proyecto inicia con la elaboración de los documentos base para cualquier proyecto industrial, es decir los diagramas ya mencionados anteriormente, por lo que la programación queda de la siguiente manera:

Las tablas presentadas a continuación son parte del diagrama de Gantt creado como parte de este trabajo, para explicar la forma de secuenciar un trabajo.

	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1		PROYECTO	106 días?	mié 14/02/18	mié 11/07/18		
2		Ingeniería de proceso	34 días	mié 14/02/18	lun 02/04/18		
3		Diagramas	10 días	mié 14/02/18	mar 27/02/18		
4		Diagrama de Flujo de Proceso.	5 días	mié 14/02/18	mar 20/02/18		Ing Proc A
5		Diagrama de Tuberías e Instrumentación.	5 días	mié 14/02/18	mar 20/02/18		Ing Proc B
6		Diagrama de Simbología.	5 días	mié 21/02/18	mar 27/02/18	4	Ing Proc A

Figura 4.1. Programación de los diagramas de la ingeniería de proceso

Al estar alternando las tareas entre los ingenieros encargados, el ingeniero A no puede comenzar con la tarea 6 “Diagrama de Simbología” sin haber concluido la tarea 4 “Diagrama de Flujo de Proceso” que a esta le precede. ,

7		Memorias de cálculo	14 días	mié 21/02/18	lun 12/03/18		
8		Bases de diseño.	2.5 días	mié 21/02/18	vie 23/02/18	5	Ing Proc B
9		Memoria Descriptiva	2.5 días	mié 28/02/18	vie 02/03/18	6	Ing Proc A
10		Memoria de Cálculo de Proceso.	2.5 días	lun 26/02/18	mié 28/02/18	8	Ing Proc B
11		Filosofía de Operación y Laboratorio.	2.5 días	lun 05/03/18	mié 07/03/18	9	Ing Proc A
12		Filosofía de Control.	2.5 días	mié 28/02/18	vie 02/03/18	10	Ing Proc B
13		Descripción de Control.	2.5 días	jue 08/03/18	lun 12/03/18	11	Ing Proc A
14		Manual de Operación y Mantenimiento.	2.5 días	lun 05/03/18	mié 07/03/18	12	Ing Proc B

Figura 4.2. Programación de las memorias de cálculo de la ingeniería de proceso.

Se continuó con una programación de memorias de cálculo, alternando las mismas entre los ingenieros y seriándolas, es decir, que una va cuando la otra haya concluido, esto para evitar la sobre carga de personal.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

15	▶	▲ Hojas de datos	15 días	mar 13/03/18	lun 02/04/18	7	
16	▶	Criba de Barras Cárcamo de Aguas Crudas.	1.25 días	mar 13/03/18	mié 14/03/18		Ing Proc A
17	▶	Banda Transportadora Cribado Grueso.	1.25 días	mié 14/03/18	jue 15/03/18	16	Ing Proc B
18	▶	Bombas de Aguas Crudas.	1.25 días	jue 15/03/18	vie 16/03/18	17	Ing Proc A
19	▶	Criba Fina.	1.25 días	vie 16/03/18	lun 19/03/18	18	Ing Proc B
20	▶	Transportador.	1.25 días	mar 20/03/18	mié 21/03/18	19	Ing Proc A
21	▶	Desarenador Aireado.	1.25 días	mié 21/03/18	jue 22/03/18	20	Ing Proc B
22	▶	Difusor de Burbuja Fina.	1.25 días	jue 22/03/18	vie 23/03/18	21	Ing Proc A
23	▶	Soplador Centrifugo Turbo.	1.25 días	mar 27/03/18	mié 28/03/18	22	Ing Proc B
24	▶	Clarificador Secundario.	1.25 días	mié 28/03/18	jue 29/03/18	23	Ing Proc A
25	▶	Bombas de Recirculación de Lodos.	1.25 días	jue 29/03/18	vie 30/03/18	24	Ing Proc B
26	▶	Equipo de Desinfección UV.	1.25 días	vie 30/03/18	lun 02/04/18	25	Ing Proc A

Figura 4.3. Programación de las hojas de datos de la ingeniería de proceso.

Lo mismo para las hojas de datos.

## 4.2 PROGRAMACIÓN DE LA INGENIERIA CIVIL

Dentro de las disciplinas más importantes en cualquier proyecto industrial, está la ingeniería civil, esta es la encargada del diseño, construcción y mantenimiento de todos los cuerpos que están en nuestro entorno como puentes, edificios, carreteras, escuelas, etc.

Podemos comprender entonces la importancia que tiene la elaboración de una ingeniería básica de calidad de esta disciplina. Hay 4 pasos que componen principalmente la construcción de un cuerpo civil, que son:

- Excavación.
- Cimentación.
- Estructura.
- Acabados.

Todo cuerpo civil, sea cual sea el fin para el que está destinada su construcción pasa por estas etapas, y es basándonos en eso que a continuación enlistamos los documentos a elaborar dependiendo del cuerpo al que pertenecen dentro de la PTAR

- Edificio Administrativo y laboratorio.
  - ❖ Planta, cortes y fachadas arquitectónicas
  - ❖ Cortes de acabados
  - ❖ Instalación hidráulica y sanitaria

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Planta, cortes y detalles de cimentación
- ❖ Planta, cortes y detalles de azotea
- ❖ Estructura de muros
- Caseta de Vigilancia
  - ❖ Planta, cortes y fachadas arquitectónicas
  - ❖ Instalación hidráulica y sanitaria
  - ❖ Planta, cortes y detalles de cimentación
  - ❖ Estructura de muros
  - ❖ Planta, cortes y detalles de azotea
  - ❖ Planta, cortes y fachadas de acabados
  - ❖ Aire acondicionado
- Desarenadores y cribado fino
  - ❖ Planta, cortes dimensionales
  - ❖ Planta, cortes estructurales
  - ❖ Planta, cortes de cimentación
  - ❖ Arreglo general de columnas, travesaños, muro perimetral, malla perimetral, vialidad interna
  - ❖ Arreglo de drenajes (pluvial y sanitario)
- Cribado grueso y cárcamo de bombeo
  - ❖ Planta, cortes de terracerías
  - ❖ Planta, cortes dimensionales
  - ❖ Planta, cortes estructurales
  - ❖ Elevaciones estructurales
  - ❖ Mejoramiento y relleno
- Edificio de Servicios y Sopladores.
  - ❖ Planta, cortes y fachadas arquitectónicas
  - ❖ Cortes de acabados
  - ❖ Instalación hidráulica y sanitaria
  - ❖ Planta, cortes y detalles de cimentación
  - ❖ Planta, cortes y detalles de azotea
  - ❖ Cancelería



## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Cortes y detalles de bases de equipos
- ❖ Estructura de muros
- Reactor de lodos activados y digestor de lodos
  - ❖ Planta, cortes dimensionales de terracerías
  - ❖ Cortes de terracerías, movimiento de tierras
  - ❖ Planta de bases
  - ❖ Cortes y detalles de Mamparas
  - ❖ Planta, cortes y detalles de losa de fondo
  - ❖ Planta, cortes y detalles de anadores
  - ❖ Planta cortes y detalles de bases.
- Edificio de deshidratado de lodos
  - ❖ Planta, cortes y fachadas arquitectónicas
  - ❖ Cortes de acabados
  - ❖ Planta, cortes y detalles de cimentación
  - ❖ Estructura de muros
  - ❖ Planta, cortes y detalles de escalera
  - ❖ Planta, cortes y detalles de losa de entrepiso
  - ❖ Planta, cortes y detalles de losa de azotea
- Vertederos de Reactores de Lodos Activados
  - ❖ Planta de localización
  - ❖ Planta, cortes y detalles dimensionales y estructurales
- Clarificador Secundario
  - ❖ Planta, cortes dimensionales
  - ❖ Planta, cortes y detalles estructurales estructurales
- Canal de desinfección UV
  - ❖ Planta, cortes y detalles estructurales
- Caseta UV
  - ❖ Planta, cortes y fachadas arquitectónicas
  - ❖ Estructura de muros
  - ❖ Planta, cortes y detalles de cimentación
  - ❖ Estructuración de losa de cubierta

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

La programación se describe a continuación.

Al tener la separación de la ingeniería civil por cuerpos, decidimos asignar el diseño de un cuerpo civil a cada uno de los ingenieros.

27	📁	▲ Ingeniería Civil	45.5 días	lun 12/03/18	lun 14/05/18		
28	📌	▲ Edificio Administrativo y laboratorio.	18 días	lun 12/03/18	mié 04/04/18	3	Ing Civil A
29	📌	Planta, cortes y fachadas arquitectónicas	2.5 días	lun 12/03/18	mié 14/03/18		
30	📌	Instalación hidráulica y sanitaria	2.5 días	lun 19/03/18	mié 21/03/18	29	
31	📌	Planta, cortes y detalles de cimentación	2.5 días	mié 21/03/18	vie 23/03/18	30	
32	📌	Planta, cortes y detalles de azotea	2.5 días	lun 26/03/18	mié 28/03/18	31	
33	📌	Estructura de muros	2.5 días	mié 28/03/18	vie 30/03/18	32	
34	📌	Cortes de acabados	2.5 días	lun 02/04/18	mié 04/04/18	33	

Cuerpo civil, desarrollado solo por el ingeniero A.

Figura 4.4 Programación del edificio administrativo y laboratorio de la ingeniería civil.

Como podemos ver la tarea 28 “Edificio administrativo y laboratorio” que abarca de la tarea 29 a la 34, esta antecedido por la tarea 3 “Diagramas” de la ingeniería de proceso, esto porque no podemos iniciar a diseñar sin saber capacidad de la planta, ni sus características principales. Al igual que el “Edificio administrativo y laboratorio” la tarea 35 “Caseta de vigilancia”, la tarea 43 “Desarenadores y cribado grueso” y la 49 “Cribado fino y cárcamo de bombeo” están precedidas de la tarea 3 “Diagramas”.

35	📌	▲ Caseta de Vigilancia	17 días	lun 12/03/18	mar 03/04/18	3	Ing Civil B
36	📌	Planta, cortes y fachadas arquitectónicas	2.5 días	lun 12/03/18	mié 14/03/18		
37	📌	Instalación hidráulica y sanitaria	2.5 días	mié 14/03/18	vie 16/03/18	36	
38	📌	Planta, cortes y detalles de cimentación	2.5 días	lun 19/03/18	mié 21/03/18	37	
39	📌	Estructura de muros	2.5 días	mié 21/03/18	vie 23/03/18	38	
40	📌	Planta, cortes y detalles de azotea	2.5 días	lun 26/03/18	mié 28/03/18	39	
41	📌	Planta, cortes y fachadas de acabados	2.5 días	mié 28/03/18	vie 30/03/18	40	
42	📌	Aire acondicionado	2 días	lun 02/04/18	mar 03/04/18	41	

Tarea predecesora

Figura 4.5 Programación de la caseta de vigilancia de la ingeniería civil.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

		Tarea predecesora					
43	✦	4 Desarenadores y cribado grueso	12 días	mar 20/03/18	mié 04/04/18	3	Ing Civil C
44	✦	Planta, cortes dimensionales	2.5 días	mar 20/03/18	jue 22/03/18		
45	✦	Planta, cortes estructurales	2.5 días	jue 22/03/18	lun 26/03/18	44	
46	✦	Planta, cortes de cimentación	2.5 días	mar 27/03/18	jue 29/03/18	45	
47	✦	Arreglo general de columnas, trabes, muro perimetral, malla perimetral, vialidad	2.5 días	jue 29/03/18	lun 02/04/18	46	
48	✦	Arreglo de drenajes (pluvial y sanitario)	2 días	mar 03/04/18	mié 04/04/18	47	

Figura 4.6 Programación de los desarenados y cribado grueso de la ingeniería civil.

		Tarea predecesora					
49	✦	4 Cribado fino y cárcamo de bombeo	11 días	lun 02/04/18	lun 16/04/18	3	Ing Civil D
50	✦	Planta, cortes de terracerías	2.5 días	lun 02/04/18	mié 04/04/18		
51	✦	Planta, cortes dimensionales	2.5 días	mié 04/04/18	vie 06/04/18	50	
52	✦	Planta, cortes estructurales	2.5 días	lun 09/04/18	mié 11/04/18	51	
53	✦	Elevaciones estructurales	2.5 días	mié 11/04/18	vie 13/04/18	52	
54	✦	Mejoramiento y relleno	1 día	lun 16/04/18	lun 16/04/18	53	

Figura 4.7 Programación del cribado fino y cárcamo de bombeo de la ingeniería civil.

Todas las tareas siguientes están precedidas por la tarea 3, ya que es la tarea base de nuestra ingeniería. Sin embargo al ser el ingeniero B el primero en concluir su tarea asignada (tarea 35), será el primero en iniciar con la siguiente tarea, la número 55 “Edificio de servicios y sopladores” y así, con los siguientes cuerpos civiles, conforme los ingenieros terminen sus tareas asignadas, comenzarán las siguientes pendientes.

55	✦	4 Edificio de Servicios y Sopladores.	22 días	mié 04/04/18	jue 03/05/18	35,3	Ing Civil B
56	✦	Planta, cortes y fachadas arquitectónicas	2.5 días	mié 04/04/18	vie 06/04/18		
57	✦	Cortes de acabados	2.5 días	vie 06/04/18	mar 10/04/18	56	
58	✦	Instalación hidráulica y sanitaria	2.5 días	mié 11/04/18	vie 13/04/18	57	
59	✦	Planta, cortes y detalles de cimentación	2.5 días	vie 13/04/18	mar 17/04/18	58	
60	✦	Planta, cortes y detalles de azotea	2.5 días	mié 18/04/18	vie 20/04/18	59	
61	✦	Cancelería	2 días	vie 20/04/18	mar 24/04/18	60	
62	✦	Cortes y detalles de bases de equipos	2.5 días	vie 27/04/18	mar 01/05/18	61	
63	✦	Estructura de muros	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18	62	

Figura 4.8 Programación del Edificio de Servicio y Sopladores de la ingeniería civil.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

64	★	▣ Reactor de lodos activados y digestor de lodos	20 días	jue 05/04/18	mié 02/05/18	43,3	Ing Civil C
65	★	Planta, cortes dimensionales de terracerías	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18		
66	★	Cortes de terracerías, movimiento de tierras	2.5 días	mar 10/04/18	jue 12/04/18	65	
67	★	Planta de bases	2.5 días	vie 13/04/18	mar 17/04/18	66	
68	★	Cortes y detalles de Mamparas	2.5 días	mié 18/04/18	vie 20/04/18	67	
69	★	Planta, cortes y detalles de losa de fondo	2.5 días	lun 23/04/18	mié 25/04/18	68	
70	★	Planta, cortes y detalles de anadores	2.5 días	mié 25/04/18	vie 27/04/18	69	
71	★	Planta cortes y detalles de bases.	2.5 días	lun 30/04/18	mié 02/05/18	70	

Figura 4.9 Programación del Reactor de lodos activados y digestor de lodos de la ingeniería civil.

72	★	▣ Edificio de deshidratado de lodos	17.5 días	jue 05/04/18	lun 30/04/18	28,3	Ing Civil A
73	★	Planta, cortes y fachadas arquitectónicas	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18		
74	★	Cortes de acabados	2.5 días	lun 09/04/18	mié 11/04/18	73	
75	★	Planta, cortes y detalles de cimentación	2.5 días	jue 12/04/18	lun 16/04/18	74	
76	★	Estructura de muros	2.5 días	lun 16/04/18	mié 18/04/18	75	
77	★	Planta, cortes y detalles de escalera	2.5 días	jue 19/04/18	lun 23/04/18	76	
78	★	Planta, cortes y detalles de losa de entepiso	2.5 días	lun 23/04/18	mié 25/04/18	77	
79	★	Planta, cortes y detalles de losa de azotea	2.5 días	jue 26/04/18	lun 30/04/18	78	

Figura 4.10 Programación del edificio de deshidratado de lodos de la ingeniería civil.

80	★	▣ Vertederos de Reactores de Lodos Activados	5 días	mar 17/04/18	lun 23/04/18	49,3	Ing Civil D
81	★	Planta de localización	2.5 días	mar 17/04/18	jue 19/04/18		
82	★	Planta, cortes y detalles dimensionales y estructurales	2.5 días	jue 19/04/18	lun 23/04/18	81	

Figura 4.11 Programación de los vertederos de reactores de lodos activados de la ingeniería civil.

83	★	▣ Clarificador Secundario	5 días	mar 24/04/18	lun 30/04/18	80,3	Ing Civil D
84	★	Planta, cortes dimensionales	2.5 días	mar 24/04/18	jue 26/04/18		
85	★	Planta, cortes y detalles estructurales estructurales	2.5 días	jue 26/04/18	lun 30/04/18	84	

Figura 4.12 Programación de los clarificadores secundarios de la ingeniería civil.

86	★	▣ Canal de desinfección UV	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18	83,3	Ing Civil D
87	★	Planta, cortes y detalles estructurales	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18		

Figura 4.13 Programación del canal de desinfección de la ingeniería civil.

88	★	▣ Caseta UV	9.5 días	mar 01/05/18	lun 14/05/18	72,3	Ing Civil A
89	★	Planta, cortes y fachadas arquitectónicas	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18		
90	★	Estructura de muros	2.5 días	jue 03/05/18	lun 07/05/18	89	
91	★	Planta, cortes y detalles de cimentación	2.5 días	mar 08/05/18	jue 10/05/18	90	
92	★	Estructuración de losa de cubierta	2 días	jue 10/05/18	lun 14/05/18	91	

Figura 4.14 Programación de la caseta UV de la ingeniería civil.

### 4.3 PROGRAMACIÓN DE LA INGENIERÍA MECÁNICA

La ingeniería mecánica es la rama de la ingeniería encargada de aplicar los principios físicos y termodinámicos para analizar, diseñar y optimizar diversos tipos de maquinaria con distintos fines:

- ✓ Térmicos
- ✓ Hidráulicos
- ✓ Transporte
- ✓ Etc.

Al ser una de las ingenierías con más presencia en cuanto a documentación requerida se trata dentro de una PTAR, se enlistan a continuación los documentos a elaborar por la misma.

- Memorias de cálculo
  - ❖ Vertedero a Cribado Fino.
  - ❖ Tubería de Pretatamiento a Reactor de Lodos Activados.
  - ❖ Vertedero de Reactor de Lodos Activados.
  - ❖ Tubería de Reactor de Lodos Activados a Clarificador.
  - ❖ Tubería Clarificador a Canal UV.
  - ❖ Bombas de Recirculación de Lodos.
  - ❖ Tubería de Decantado de Digestores.
- Planos
  - ✓ Arreglo Mecánico. Cribado Grueso.
    - ❖ Planta, Elevaciones y Cortes.
    - ❖ Detalles de Fabricación. Cribado Grueso.
  - ✓ Arreglo Mecánico. Desarenadores y cribado fino.
    - ❖ Planta, cortes y elevaciones
    - ❖ Detalles de Fabricación Soportes de Air Lift.
    - ❖ Detalles de Fabricación Pasillos y escaleras de acceso, interconexión, servicio desarenado

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ✓ Arreglo Mecánico. Reactor de lodos activados y digestor de lodos.
  - ❖ Arreglo Mecánico. Compuertas.
  - ❖ Mampara de Espesador. Planta, Elevaciones y Cortes.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Digestor de Lodos Abrazaderas y Soportes de Mampara.
- ✓ Arreglo Mecánico. Clarificador.
  - ❖ Planta, cortes y elevaciones
  - ❖ Detalles de Fabricación. Clarificador. Pasillo y Escalera.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Clarificador. Rejilla de Protección.
- ✓ Arreglo Mecánico. Edificio de Deshidratado de Lodos.
  - ❖ Tolva. Planta, Elevaciones y Cortes.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Tolva
  - ❖ Detalles de Fabricación. Compuerta de Tolva.
- ✓ Arreglo Mecánico. Caseta de UV.
  - ❖ Planta, Elevaciones y Cortes.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Caseta de UV.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Polipasto Caseta de UV.
- ✓ Arreglo Mecánico. Reactor de lodos activados y digestor de lodos.
  - ❖ Arreglo Mecánico. Compuertas.
  - ❖ Mampara de Espesador. Planta, Elevaciones y Cortes.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Digestor de Lodos Abrazaderas y Soportes de Mampara.
- ✓ Arreglo Mecánico. Clarificador.
  - ❖ Planta, cortes y elevaciones
  - ❖ Detalles de Fabricación. Clarificador. Pasillo y Escalera.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Clarificador. Rejilla de Protección.
- ✓ Arreglo Mecánico. Edificio de Deshidratado de Lodos.
  - ❖ Tolva. Planta, Elevaciones y Cortes.
  - ❖ Detalles de Fabricación. Tolva

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Detalles de Fabricación. Compuerta de Tolva.
- ✓ Arreglo Mecánico. Caseta de UV.
- ❖ Planta, Elevaciones y Cortes.
- ❖ Detalles de Fabricación. Caseta de UV.
- ❖ Detalles de Fabricación. Polipasto Caseta de UV.

La programación de la ingeniería mecánica queda de la siguiente manera:

Está separada en memorias de cálculo y en planos, los cuales al mismo tiempo también están clasificados por cuerpos de proceso. Las tareas están alternadas entre los tres ingenieros mecánicos como en la ingeniería civil.

Sin embargo debemos prestar mayor atención en las fechas de inicio de estas tareas.

La tarea 98 “Tubería de Pretratamiento y Reactor de Lodos Activados” comienza ya desarrollada la tarea 49 “Cribado fino y cárcamo de bombeo” (figura 4.7)

93	★	▲ Ingeniería Mecánica	32 días	lun 09/04/18	mar 22/05/18		
94	★	▲ Memorias de cálculo	19 días	lun 09/04/18	jue 03/05/18		
95	📄	★ Vertedero a Cribado Fino.	2.5 días	lun 09/04/18	mié 11/04/18		Ing Mec A
96	📄	★ Tubería de Pretatamiento a Reactor de Lodos Activados.	2.5 días	jue 12/04/18	lun 16/04/18		Ing Mec B
97	★	★ Vertedero de Reactor de Lodos Activados.	2.5 días	mar 17/04/18	jue 19/04/18	96	Ing Mec C
98	★	★ Tubería de Reactor de Lodos Activados a Clarificador.	2.5 días	vie 20/04/18	mar 24/04/18	97	Ing Mec A
99	📄	★ Tubería Clarificador a Canal UV.	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18	83	Ing Mec B
100	📄	★ Bombas de Recirculación de Lodos.	2.5 días	mar 24/04/18	jue 26/04/18	80	Ing Mec C
101	★	★ Tubería de Decantado de Digestores.	2.5 días	mié 25/04/18	<u>vie 27/04/18</u>	100	Ing Mec A

Figura 4.15 Programación de las memorias de cálculo de la ingeniería mecánica.

Esto con el fin de coordinar las ingenierías para hacer más corto el tiempo de elaboración de proyectos y al mismo tiempo los costos. Es importante saber que se debe contar con la información básica ya elaborada para poder comenzar con alguna tarea de otra disciplina, lo que al mismo tiempo implica una muy efectiva comunicación entre ingenieros. De esta manera muchas de las siguientes tareas comienzan a la par o días después del inicio de tareas de otras disciplinas.

En el caso de la ingeniería eléctrica podemos ver en la figura 4.15 como la tarea 96 “Tubería de Pretratamiento a Reactor de Lodos Activados”, comienza a la mitad de la tarea 64 “Reactor de lodos activados y digestor de lodos”.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

La tarea 99 “Tubería Clarificador a Canal UV” comienza al mismo tiempo que la tarea 86 “Canal de desinfección UV” de la ingeniería civil, esto debido a que en esta etapa del proyecto ya deben estar avanzados los planos civiles de los clarificadores secundarios, los cuales sirve como base para el diseño de esta tubería, mientras que la tarea 100 “Bombas de Recirculación de Lodos.” comienza ya que toda la documentación, en cuanto a ingeniería civil y eléctrica de lodos activados este lista, seguida de la tarea 101 “Tubería de Decantado de Digestores”, esto para completar la parte de la elaboración de memorias de cálculo de la ingeniería mecánica. Estas tareas están alternadas entre los tres ingenieros contratados para este proyecto.

Posteriormente pasamos a la programación de los planos, los cuales están separados en 6 bloques, ya mencionados anteriormente.

El primer bloque, tarea 103 “Arreglo Mecánico. Cribado Grueso.” Comienza cuando la ingeniería civil de cribado grueso esté terminada, y posterior a la tarea 101 concluida el jueves 3 de mayo, debido a que la realizará el ingeniero B, Los siguientes bloques también se realizan alternándose entre los 3 ingenieros dependiendo el inicio del término de su tarea anterior, por ejemplo el bloque 2, tarea 106 “Arreglo Mecánico. Desarenadores y cribado fino” comienza el 27 de abril, un día después de la tarea 100, elaboradas por el ingeniero C.

102	▶	▲ Planos	18 días	vie 27/04/18	mar 22/05/18		
103	▶	▲ Arreglo Mecánico. Cribado Grueso.	5 días	vie 04/05/18	jue 10/05/18	43	Ing Mec B
104	▶	Planta, Elevaciones y Cortes.	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18		
105	▶	Detalles de Fabricación. Cribado Grueso.	2.5 días	jue 03/05/18	lun 07/05/18	104	
106	▶	▲ Arreglo Mecánico. Desarenadores y cribado fino.	8 días	vie 27/04/18	mar 08/05/18	95	Ing Mec C
107	▶	Planta, cortes y elevaciones	2.5 días	vie 27/04/18	mar 01/05/18		
108	▶	Detalles de Fabricación Soportes de Air Lift.	2.5 días	mar 01/05/18	jue 03/05/18	107	
109	▶	Detalles de Fabricación Pasillos y escaleras de acceso, interconexión, servicio desarenado	2.5 días	vie 04/05/18	mar 08/05/18	108	

Figura 4.16 Programación del arreglo mecánico, cribado grueso y arreglo mecánico, desarenadores y cribado fino, de la ingeniería mecánica.

A continuación se presentan las imágenes que ilustran la programación de los siguientes bloques:



## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

110	✦	▲ Arreglo Mecánico. Reactor de lodos activados y digestor de lodos.	8 días	lun 30/04/18	mié 09/05/18	64	Ing Mec A
111	✦	Arreglo Mecánico. Compuertas.	2.5 días	lun 30/04/18	mié 02/05/18		
112	✦	Mampara de Espesador. Planta, Elevaciones y Cortes.	2.5 días	mié 02/05/18	vie 04/05/18	111	
113	✦	Detalles de Fabricación. Digestor de Lodos Abrazaderas y Soportes de Mampara.	2.5 días	lun 07/05/18	mié 09/05/18	112	

Figura 4.17 Programación del arreglo mecánico, reactor de lodos activados y digestor de lodos de la ingeniería mecánica.

114	✦	▲ Arreglo Mecánico. Clarificador.	7.5 días	vie 11/05/18	mar 22/05/18	83	Ing Mec B
115	✦	Planta, cortes y elevaciones	2.5 días	mar 08/05/18	jue 10/05/18		
116	✦	Detalles de Fabricación. Clarificador. Pasillo y Escalera.	2.5 días	jue 10/05/18	lun 14/05/18	115	
117	✦	Detalles de Fabricación. Clarificador. Rejilla de Protección.	2.5 días	mar 15/05/18	jue 17/05/18	116	

Figura 4.18 Programación del arreglo mecánico, clarificadores de la ingeniería mecánica.

118	✦	▲ Arreglo Mecánico. Edificio de Deshidratado de Lodos.	7.5 días	mié 09/05/18	vie 18/05/18	72,101	Ing Mec C
119	✦	Tolva. Planta, Elevaciones y Cortes.	2.5 días	mié 09/05/18	vie 11/05/18		
120	✦	Detalles de Fabricación. Tolva	2.5 días	vie 11/05/18	mar 15/05/18	119	
121	✦	Detalles de Fabricación. Compuerta de Tolva.	2.5 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18	120	

Figura 4.19 Programación del arreglo mecánico, edificio de deshidratado de lodos de la ingeniería mecánica.

122	✦	▲ Arreglo Mecánico. Caseta de UV.	7.5 días	jue 10/05/18	lun 21/05/18	88	Ing Mec A
123	✦	Planta, Elevaciones y Cortes.	2.5 días	jue 10/05/18	lun 14/05/18		
124	✦	Detalles de Fabricación. Caseta de UV.	2.5 días	lun 14/05/18	mié 16/05/18	123	
125	✦	Detalles de Fabricación. Polipasto Caseta de UV.	2.5 días	jue 17/05/18	lun 21/05/18	124	

Figura 4.20 Programación del arreglo mecánico, caseta de UV de la ingeniería mecánica.

### 4.4 PROGRAMACIÓN DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA.

Es la ingeniería encargada de generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica. En este proyecto, como en muchos otros, la ingeniería eléctrica es de muchísima importancia ya que nos permitirá tener un control más fácil de todos los procesos a realizar. Se enlistan a continuación los documentos a elaborar por la misma.

- Planos y memorias de cálculo
  - ✓ Edificio de Servicios y Sopladores.
  - ❖ Memoria de Cálculo de Alumbrado.
  - ❖ Memoria de Cálculo de Alimentadores de B.T.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Memoria de Cálculo de Sistema de Tierras.
- ❖ Memoria de Cálculo de Corto Circuito,
- ❖ Memoria de Cálculo de Alimentador Principal en Alta Tensión.
- ❖ Memoria de Cálculo de Transformador Principal.
- ❖ Memoria de Cálculo de Planta de Emergencia.
- ❖ Diagrama Unifilar.
- ❖ Distribución de Alumbrado y Contactos.
- ❖ Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos.
- ❖ Distribución de Alumbrado y Contactos.
- ❖ Distribución de Equipo.
- ✓ Edificio de deshidratado de lodos
  - ❖ Sistema de Tierras.
  - ❖ Distribución de Alumbrado y Contactos.
  - ❖ Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos.
- ✓ Edificio administrativo y laboratorio.
  - ❖ Distribución de Alumbrado.
  - ❖ Distribución de Alumbrado y Contactos por Piso.
  - ❖ Canalización de Voz y Datos.
- ✓ Caseta de Vigilancia
  - ❖ Distribución de Alumbrado, Contactos, Fuerza y Voz y datos.
- ✓ Canal UV
  - ❖ Distribución de Alumbrado y Contactos.
  - ❖ Sistema de Tierras.
  - ❖ Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos.
- ✓ Clarificador Secundario
  - ❖ Distribución de Fuerza. Control e Instrumentos
  - ❖ Distribución General de Fuerza. Control e Instrumentos.
- Especificaciones
  - ❖ Especificación General de Diseño Eléctrico (Bases de Diseño).

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Especificación de Centro de Control de Motores.
- ❖ Especificación de Generador de Emergencia.
- ❖ Especificación de Subestación Compacta.
- ❖ Especificación de Transformador Principal.
- ❖ Especificación para Tableros Autosoportados de Baja Tensión.
- Hojas de datos
  - ❖ Hoja de Datos CCM Normal, Emergencia, Transformador Principal, Subestación Compacta, Edificio de Servicios.
  - ❖ Hoja de Datos CCM Normal, Emergencia, Transformador Principal, Subestación Compacta, Edificio de Cárcamo de Excedencias.
  - ❖ Hoja de Datos Generador de Emergencia, Edificio de Servicios.
  - ❖ Hoja de Datos Generador de Emergencia, Edificio de Cárcamo de Excedencias.

Como podemos ver la ingeniería eléctrica está dividida en tres apartados: “planos y memorias de cálculo”, “especificaciones” y “hojas de datos”; dentro de los cuales el primer bloque, “planos y memorias de cálculo” está separado por cuerpos de proceso.

El primer bloque en comenzar es el “Edificio de servicios y sopladores” tarea 128, la cual la comienza a desarrollar el ingeniero eléctrico A, y que está precedida por la tarea 55 “Edificio de servicios y sopladores”, es decir la ingeniería civil de este mismo cuerpo, esta tarea comienza casi un mes después debido a la importancia de que la tarea 55 este avanzada.

126	📁	↳ Ingeniería Eléctrica	74 días	lun 02/04/18	jue 12/07/18		
127	📁	↳ Planos y memorias de cálculo	74 días	lun 02/04/18	jue 12/07/18		
128	📁	↳ Edificio de Servicios y Sopladores.	33 días	lun 07/05/18	mié 20/06/18	55	Ing Elec A
129	📁	↳ Memoria de Cálculo de Alumbrado.	2.5 días	lun 07/05/18	mié 09/05/18		
130	📁	↳ Memoria de Cálculo de Alimentadores de B.T.	2.5 días	mié 09/05/18	vie 11/05/18	129	
131	📁	↳ Memoria de Cálculo de Sistema de Tierras.	2.5 días	lun 14/05/18	mié 16/05/18	130	
132	📁	↳ Memoria de Cálculo de Corto Circuito.	2.5 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18	131	
133	📁	↳ Memoria de Cálculo de Alimentador Principal en Alta Tensión.	2.5 días	lun 21/05/18	mié 23/05/18	132	
134	📁	↳ Memoria de Cálculo de Transformador Principal.	2.5 días	mié 23/05/18	vie 25/05/18	133	
135	📁	↳ Memoria de Cálculo de Planta de Emergencia.	2.5 días	lun 28/05/18	mié 30/05/18	134	
136	📁	↳ Diagrama Unifilar.	2.5 días	mié 30/05/18	vie 01/06/18	135	
137	📁	↳ Distribución de Alumbrado y Contactos.	2.5 días	lun 04/06/18	mié 06/06/18	136	
138	📁	↳ Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos.	2.5 días	mié 06/06/18	vie 08/06/18	137	
139	📁	↳ Distribución de Alumbrado y Contactos.	2.5 días	lun 11/06/18	mié 13/06/18	138	
140	📁	↳ Distribución de Equipo.	2.5 días	mié 13/06/18	vie 15/06/18	139	

Tarea predecesora

Figura 4.21 Programación de los planos y memorias de cálculo. Edificio de Servicios y Sopladores.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Lo mismo para la tarea 141 “Edificio de deshidratado de lodos” correspondiente al ingeniero B y que está precedida por las 118 “Arreglo Mecánico. Edificio de Deshidratado de Lodos”.

La tarea 145 “Edificio administrativo y laboratorio” comienza cuando el ingeniero A, ha concluido la tarea 128 “Edificio de servicios y sopladores”.

A la par de la tarea 128 comienza la tarea 149 “Caseta de vigilancia” por el ingeniero B, y precedida por la tarea 35, también del desarrollo de la ingeniería civil.

Por ultimo en cuanto a planos, el ingeniero A realiza la ingeniería eléctrica de la tarea 155 “clarificadores secundarios” posterior a la ingeniería civil de este cuerpo, mientras que el ingeniero B realiza la tarea 151 “Canal UV” precedida de la tarea 86 “Canal de desinfección UV” de la ingeniería civil.

141	✦	▸ Edificio de deshidratado de lodos	8 días	mié 16/05/18	vie 25/05/18	118	Ing Elec B
142	✦	Sistema de Tierras.	2.5 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18		
143	✦	Distribución de Alumbrado y Contactos.	2.5 días	vie 18/05/18	mar 22/05/18	142	
144	✦	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos.	2.5 días	mié 23/05/18	vie 25/05/18	143	
145	✦	▸ Edificio administrativo y laboratorio.	7.5 días	lun 02/04/18	mié 11/04/18	28	Ing Elec A
146	✦	Distribución de Alumbrado.	2.5 días	lun 02/04/18	mié 04/04/18		
147	✦	Distribución de Alumbrado y Contactos por Piso.	2.5 días	mié 04/04/18	vie 06/04/18	146	
148	✦	Canalización de Voz y Datos.	2.5 días	lun 09/04/18	mié 11/04/18	147	
149	✦	▸ Caseta de Vigilancia	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18	35	Ing Elec B
150	✦	Distribución de Alumbrado, Contactos, Fuerza y Voz y datos.	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18		
151	✦	▸ Canal UV	9 días	lun 28/05/18	jue 07/06/18	86,141	Ing Elec B
152	✦	Distribución de Alumbrado y Contactos.	2.5 días	mar 29/05/18	jue 31/05/18		
153	✦	Sistema de Tierras.	2.5 días	jue 31/05/18	lun 04/06/18	152	
154	✦	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos.	2.5 días	mar 05/06/18	jue 07/06/18	153	
155	✦	▸ Clarificadores Secundarios	5 días	jue 21/06/18	mié 27/06/18	114,128	Ing Elec A
156	✦	Distribución de Fuerza, Control e Instrumentos	2.5 días	jue 21/06/18	lun 25/06/18		
157	✦	Distribución General de Fuerza, Control e Instrumentos.	2.5 días	lun 25/06/18	mié 27/06/18	156	

Figura 4.22 Programación de los planos y memorias de cálculo del edificio de deshidratado de lodos, del edificio administrativo y laboratorio, de la caseta de vigilancia, del canal UV, y de los clarificadores secundarios.

Posteriormente se realizan las especificaciones y hojas de datos, alternando este trabajo entre los dos ingenieros eléctricos contratados.

Tareas seriadas y alternadas entre los ingenieros.

158	✦	▸ Especificaciones	3 días	mar 03/07/18	jue 05/07/18	127	
159	✦	Especificación General de Diseño Eléctrico (Bases de Diseño).	1 día	mar 03/07/18	mar 03/07/18		Ing Elec A
160	✦	Especificación de Centro de Control de Motores.	1 día	mar 03/07/18	mar 03/07/18		Ing Elec B
161	✦	Especificación de Generador de Emergencia.	1 día	mié 04/07/18	mié 04/07/18	159	Ing Elec A
162	✦	Especificación de Subestación Compacta.	1 día	mié 04/07/18	mié 04/07/18	160	Ing Elec B
163	✦	Especificación de Transformador Principal.	1 día	jue 05/07/18	jue 05/07/18	161	Ing Elec A
164	✦	Especificación para Tableros Autosoportados de Baja Tensión.	1 día	jue 05/07/18	jue 05/07/18	162	Ing Elec B

Figura 4.23 Programación de las especificaciones de la ingeniería eléctrica.

Tareas seriadas y alternadas entre los ingenieros.

165	✦	• Hojas de datos	3 días	vie 06/07/18	mar 10/07/18	158	
166	✦	Hoja de Datos CCM Normal, Emergencia, Transformador Principal, Subestación Compacta, Edificio de Servicios.	1 día	vie 06/07/18	vie 06/07/18		Ing Elec A
167	✦	Hoja de Datos CCM Normal, Emergencia, Transformador Principal, Subestación Compacta, Edificio de Cárcamo de Excedencias.	1 día	vie 06/07/18	vie 06/07/18		Ing Elec B
168	✦	Hoja de Datos Generador de Emergencia, Edificio de Servicios.	1 día	lun 09/07/18	lun 09/07/18	166	Ing Elec A
169	✦	Hoja de Datos Generador de Emergencia, Edificio de Cárcamo de Excedencias.	1 día	mar 10/07/18	mar 10/07/18	167	Ing Elec B

Figura 4.24. Programación de las hojas de datos de la ingeniería eléctrica.

#### 4.5 PROGRAMACIÓN DE LA INGENIERÍA DE TUBERIAS.

Es una ingeniería que requiere un tipo de conocimiento y experiencia más avanzado por parte de los ingenieros, ya que el diseño de tuberías es un punto crucial debido a la importancia en seguridad que esta disciplina representa. Se enlistan a continuación los documentos a elaborar por la misma.

- Arreglo General de Tuberías. Planta.
- Arreglo General de Equipos.
- Desarenadores y cribado fino
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta.
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Cortes y Elevaciones.
  - ❖ Localización de Soportes.
  - ❖ Detalles de Soportes.
- Reactor de lodos activados y clarificadores
  - ❖ Isométrico de Tubería. De Pretratamiento a Reactor de Lodos Activados
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Reactor de Lodos Activados
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Cortes y Detalles. Reactor de Lodos Activados
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Reactor de Lodos Activados
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Cortes y Detalles. Reactor de Lodos Activados
  - ❖ Detalles de Soportes. Tubería de Aire en Taludes.
  - ❖ Detalles de Abrazaderas Tipo Omega.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Isométrico de Tubería. Reactor de Lodos Activados a Clarificador
- ❖ Isométrico de Tubería. Reactor de Lodos Activados a Clarificador
- ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Clarificador
- ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Descarga de Clarificador.
- ❖ Detalles de Fabricación. Clarificador. Pasillo y Escalera.
- ❖ Detalles de Fabricación. Clarificador. Rejilla de Protección.
- Clarificador, canal de desinfección UV
  - ❖ Isométrico de Tubería. Clarificador a Canal de Desinfección UV.
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Canal de Desinfección UV
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta. Caseta de UV.
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Caseta de UV.
  - ❖ Localización y Detalles de Soportes. Caseta de UV.
- . Edificio de servicios y sopladores
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Cuarto de Sopladores.
  - ❖ Localización de Soportes. Cuarto de Sopladores.
  - ❖ Detalles de Soportes. Cuarto de Sopladores.
  - ❖ Isométrico de Cabezal de Cuarto de Sopladores.
  - ❖ Isométrico de Tuberías. Aire a Disparos Reactores de Lodos Activados.
  - ❖ Isométrico de Tuberías. Aire a Desarenadores.
  - ❖ Isométrico de Tuberías. Aire a Digestores de Lodos.
  - ❖ Isométrico de Tuberías. Aire a Disparos Digestores de Lodos.
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta. Agua de Servicio.
  - ❖ Isométrico de Tuberías. Agua de Servicio.
- Digestores de lodos activados
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta. Digestores de Lodos.
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Digestores de Lodos.
  - ❖ Detalles de Soportes. Digestores de Lodos.
  - ❖ Isométrico de Tuberías. Succión de Bombas de Lodos.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Isométrico de Tuberías. Agua de Decantado de espesador de Lodos.
- Edificio de deshidratado de lodos
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Edificio de Deshidratado de Lodos. Planta Baja.
  - ❖ Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Edificio de Deshidratado de Lodos. Planta Alta.
  - ❖ Localización de Soportes. Edificio de Deshidratado de Lodos.
  - ❖ Detalles de Soportes. Edificio de Deshidratado de Lodos.
- Hojas de datos
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Nivel tipo Ultrasónico.
  - ❖ Hoja de Datos Manómetros.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Magnético.
  - ❖ Hoja de Datos Válvulas Solenoides.
  - ❖ Hoja de Datos Muestreador Automático.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Dispersión Térmica.
  - ❖ Hoja de Datos Válvulas de control.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor Analizador de Oxígeno.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Temperatura.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Presión.

Como podemos observar los entregables están clasificados dependiendo de la disciplina de ingeniería a la que pertenecen, y también del cuerpo físico al que pertenecen es decir: caseta de vigilancia, reactor, clarificador, etc. Si se requiere de un más de un entregable de un mismo tipo también están enlistados, memorias de cálculo, hojas de datos y arreglos.

La programación de esta ingeniería tiene el mismo principio de todas las anteriores, es decir, cada cuerpo de proceso está elaborado por un ingeniero distinto, los planos están precedidos de los diagramas de proceso, como se muestra en la siguiente imagen.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

170		▾ Ingeniería de tuberías	67 días	lun 12/03/18	mar 12/06/18		
171		▾ Planos	67 días	lun 12/03/18	mar 12/06/18		
172		Arreglo General de Tuberías. Planta.	2.5 días	lun 12/03/18	mié 14/03/18	3	Ing TE A
173		Arreglo General de Equipos.	2.5 días	mié 14/03/18	vie 16/03/18	3	Ing TE B

Tarea predecesora de la ingeniería civil.

Figura 4.25 Programación de los planos de la ingeniería de tuberías.

Los cuerpos de proceso están elaborados de forma alternada entre los ingenieros, la tarea 174 “Desarenadores y cribado grueso” puede comenzar cuando la tarea 43 “Desarenadores y cribado grueso” de la ingeniería civil ya este avanzada, y esto mismo sucede para todos los cuerpos, pueden comenzar cuando su correspondiente en la ingeniería civil estén avanzados.

174		▾ Desarenadores y cribado grueso	6 días	jue 05/04/18	jue 12/04/18	43	Ing TE A
175		Arreglo de Tuberías. Planta.	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18		
176		Arreglo de Tuberías. Cortes y Elevaciones.	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18		
177		Localización de Soportes.	2.5 días	jue 05/04/18	lun 09/04/18		
178		Detalles de Soportes.	2.5 días	lun 09/04/18	mié 11/04/18	175	

Figura 4.26 Programación de los desarenadores y cribado grueso de la ingeniería de tuberías.

179		▾ Reactor de lodos activados y clarificador	16 días	mar 17/04/18	mar 08/05/18	64	Ing TE B
180		Isométrico de Tubería. De Pretratamiento a Reactor de Lodos Activados	2.5 días	mar 17/04/18	jue 19/04/18		
181		Arreglo de Tuberías. Cortes y Detalles. Reactor de Lodos Activados	2.5 días	vie 20/04/18	mar 24/04/18	180	
182		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Reactor de Lodos Activados	2.5 días	vie 20/04/18	mar 24/04/18		
183		Detalles de Soportes. Tubería de Aire en Taludes.	2.5 días	mié 25/04/18	vie 27/04/18	181	
184		Detalles de Abrazaderas Tipo Omega.	2.5 días	mié 25/04/18	vie 27/04/18	182	
185		Isométrico de Tubería. Reactor de Lodos Activados a Clarificador	2.5 días	vie 27/04/18	mar 01/05/18	184	
186		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Clarificador	2.5 días	vie 27/04/18	mar 01/05/18	185	
187		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Descarga de Clarificador.	2.5 días	mié 02/05/18	vie 04/05/18	186	
188		Detalles de Fabricación. Clarificador. Pasillo y Escalera.	2.5 días	vie 04/05/18	mar 08/05/18	187	
189		Detalles de Fabricación. Clarificador. Rejilla de Protección.	2.5 días	vie 04/05/18	mar 08/05/18		

Figura 4.27 Programación del reactor de lodos activados y clarificadores de la ingeniería de tuberías.

190		▾ Clarificadores, canal de desinfección UV	5 días	mié 09/05/18	mar 15/05/18	83	Ing TE C
191		Isométrico de Tubería. Clarificador a Canal de Desinfección UV.	2.5 días	mié 09/05/18	vie 11/05/18		
192		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Canal de Desinfección UV	2.5 días	mié 09/05/18	vie 11/05/18		
193		Arreglo de Tuberías. Planta. Caseta de UV.	2.5 días	mié 09/05/18	vie 11/05/18		
194		Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Caseta de UV.	2.5 días	vie 11/05/18	mar 15/05/18	191	
195		Localización y Detalles de Soportes. Caseta de UV.	2.5 días	vie 11/05/18	mar 15/05/18	192	

Figura 4.28 Programación de los clarificadores y canal de desinfección UV, de la ingeniería de tuberías



## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

196		Edificio de servicios y sopladores	10 días	mié 16/05/18	mar 29/05/18	55	Ing TE A
197		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Cuarto de Sopladores.	2.5 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18		
198		Localización de Soportes. Cuarto de Sopladores.	2.5 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18		
199		Detalles de Soportes. Cuarto de Sopladores.	2.5 días	mié 16/05/18	vie 18/05/18		
200		Isométrico de Cabezal de Cuarto de Sopladores.	2.5 días	vie 18/05/18	mar 22/05/18	197	
201		Isométrico de Tuberías. Aire a Disparos Reactores de Lodos Activados.	2.5 días	vie 18/05/18	mar 22/05/18	198	
202		Isométrico de Tuberías. Aire a Desarenadores.	2.5 días	vie 18/05/18	mar 22/05/18	199	
203		Isométrico de Tuberías. Aire a Digestores de Lodos.	2.5 días	mié 23/05/18	vie 25/05/18	200	
204		Isométrico de Tuberías. Aire a Disparos Digestores de Lodos.	2.5 días	mié 23/05/18	vie 25/05/18	201	
205		Arreglo de Tuberías. Planta. Agua de Servicio.	2.5 días	vie 25/05/18	mar 29/05/18	203	
206		Isométrico de Tuberías. Agua de Servicio.	2.5 días	vie 25/05/18	mar 29/05/18	204	

Figura 4.29 Programación del edificio de servicios y sopladores de la ingeniería de tuberías.

207		Digestores de lodos activados	5 días	mié 30/05/18	mar 05/06/18	64	Ing TE C
208		Arreglo de Tuberías. Planta. Digestores de Lodos.	2.5 días	mié 30/05/18	vie 01/06/18		
209		Arreglo de Tuberías. Elevaciones. Digestores de Lodos.	2.5 días	mié 30/05/18	vie 01/06/18		
210		Detalles de Soportes. Digestores de Lodos.	2.5 días	mié 30/05/18	vie 01/06/18		
211		Isométrico de Tuberías. Succión de Bombas de Lodos.	2.5 días	vie 01/06/18	mar 05/06/18	208	
212		Isométrico de Tuberías. Agua de Decantado de espesador de Lodos.	2.5 días	vie 01/06/18	mar 05/06/18	210	

Figura 4.30 Programación de los digestores de lodos activados de la ingeniería de tuberías.

213		Edificio de deshidratado de lodos	5 días	mié 06/06/18	mar 12/06/18	72	Ing TE B
214		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Edificio de Deshidratado de Lodos. Planta Baja.	2.5 días	mié 06/06/18	vie 08/06/18		
215		Arreglo de Tuberías. Planta y Elevaciones. Edificio de Deshidratado de Lodos. Planta Alta.	2.5 días	mié 06/06/18	vie 08/06/18		
216		Localización de Soportes. Edificio de Deshidratado de Lodos.	2.5 días	mié 06/06/18	vie 08/06/18		
217		Detalles de Soportes. Edificio de Deshidratado de Lodos.	2.5 días	vie 08/06/18	mar 12/06/18	214	

Figura 4.31 Programación del edificio de deshidratado de lodos de la ingeniería de tuberías.

## 4.5 PROGRAMACIÓN DE LA INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN

Esta disciplina implica de ingenieros especialistas que la desarrollen adecuadamente, esto debido a que es la ingeniería que nos va a establecer tipos, ubicaciones, etc., de controles adecuados para nuestro proceso. Si bien los equipos de control no son muchos durante el proceso, si es muy importante desarrollar una ingeniería de detalle de calidad, debido a la naturaleza del proyecto, la cual nos exige medidas exactas.

Los documentos básicos para esta ingeniería son:

- Hojas de datos
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Nivel tipo Ultrasónico.
  - ❖ Hoja de Datos Manómetros.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Magnético.
  - ❖ Hoja de Datos Válvulas Solenoides.
  - ❖ Hoja de Datos Muestreador Automático.
  - ❖ Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Dispersión Térmica.

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- ❖ Hoja de Datos Válvulas de control.
- ❖ Hoja de Datos Transmisor Analizador de Oxígeno.
- ❖ Hoja de Datos Transmisor de Temperatura.
- ❖ Hoja de Datos Transmisor de Presión.

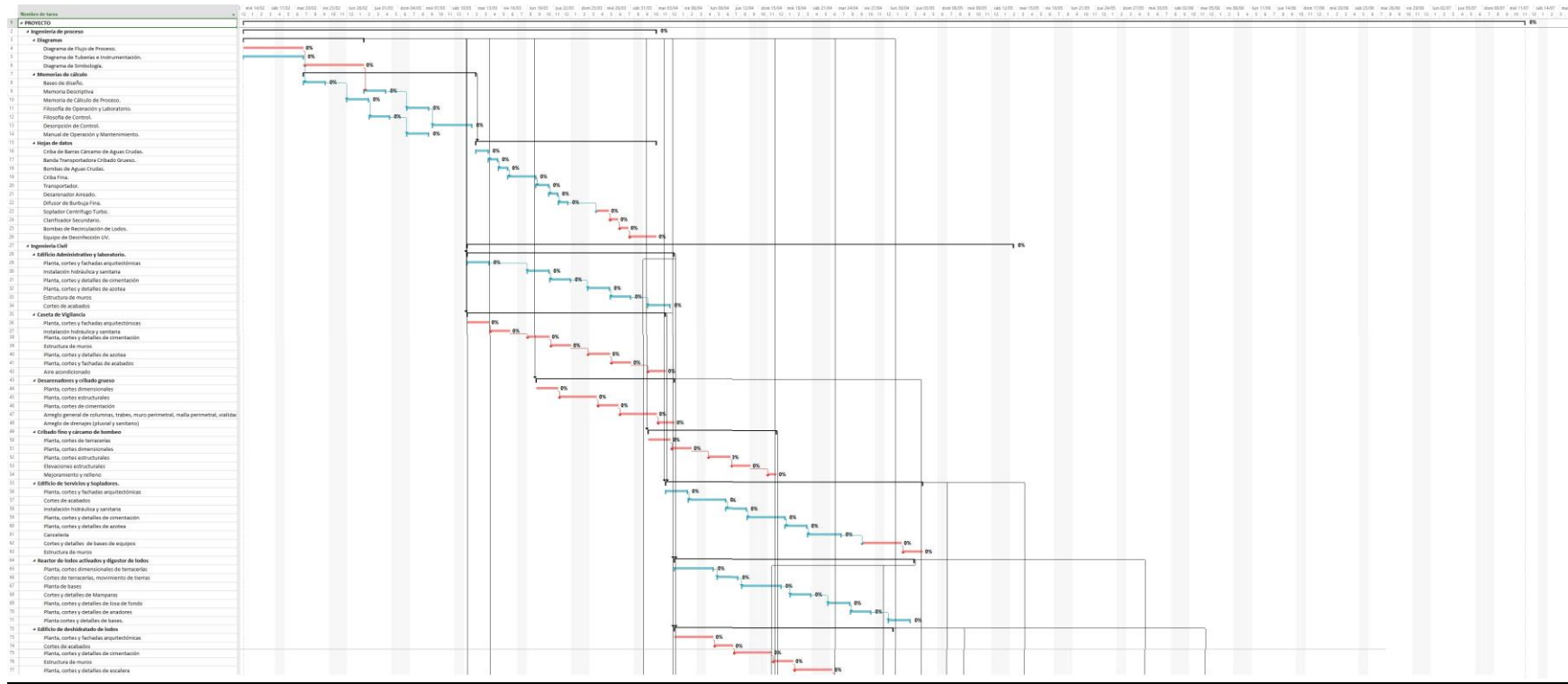
Las hojas de datos requeridas por parte de esta disciplina las elabora el único ingeniero dedicado a esto.

218		↳ Ingeniería de instrumentación	10 días	mié 13/06/18	mar 26/06/18		
219	↳	↳ Hojas de datos	10 días	mié 13/06/18	mar 26/06/18	171	
220	↳	Hoja de Datos Transmisor de Nivel tipo Ultrasónico.	1 día	mié 13/06/18	mié 13/06/18		Ing Inst A
221	↳	Hoja de Datos Manómetros.	1 día	jue 14/06/18	jue 14/06/18		Ing Inst A
222	↳	Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Magnético.	1 día	vie 15/06/18	vie 15/06/18		Ing Inst A
223	↳	Hoja de Datos Válvulas Solenoides.	1 día	lun 18/06/18	lun 18/06/18	220	Ing Inst A
224	↳	Hoja de Datos Muestreador Automático.	1 día	mar 19/06/18	mar 19/06/18	221	Ing Inst A
225	↳	Hoja de Datos Transmisor de Flujo tipo Dispersión Térmica.	1 día	mié 20/06/18	mié 20/06/18	222	Ing Inst A
226	↳	Hoja de Datos Válvulas de control.	1 día	jue 21/06/18	jue 21/06/18	223	Ing Inst A
227	↳	Hoja de Datos Transmisor Analizador de Oxígeno.	1 día	vie 22/06/18	vie 22/06/18	224	Ing Inst A
228	↳	Hoja de Datos Transmisor de Temperatura.	1 día	lun 25/06/18	lun 25/06/18	225	Ing Inst A
229	↳	Hoja de Datos Transmisor de Presión.	1 día	mar 26/06/18	mar 26/06/18	226	Ing Inst A

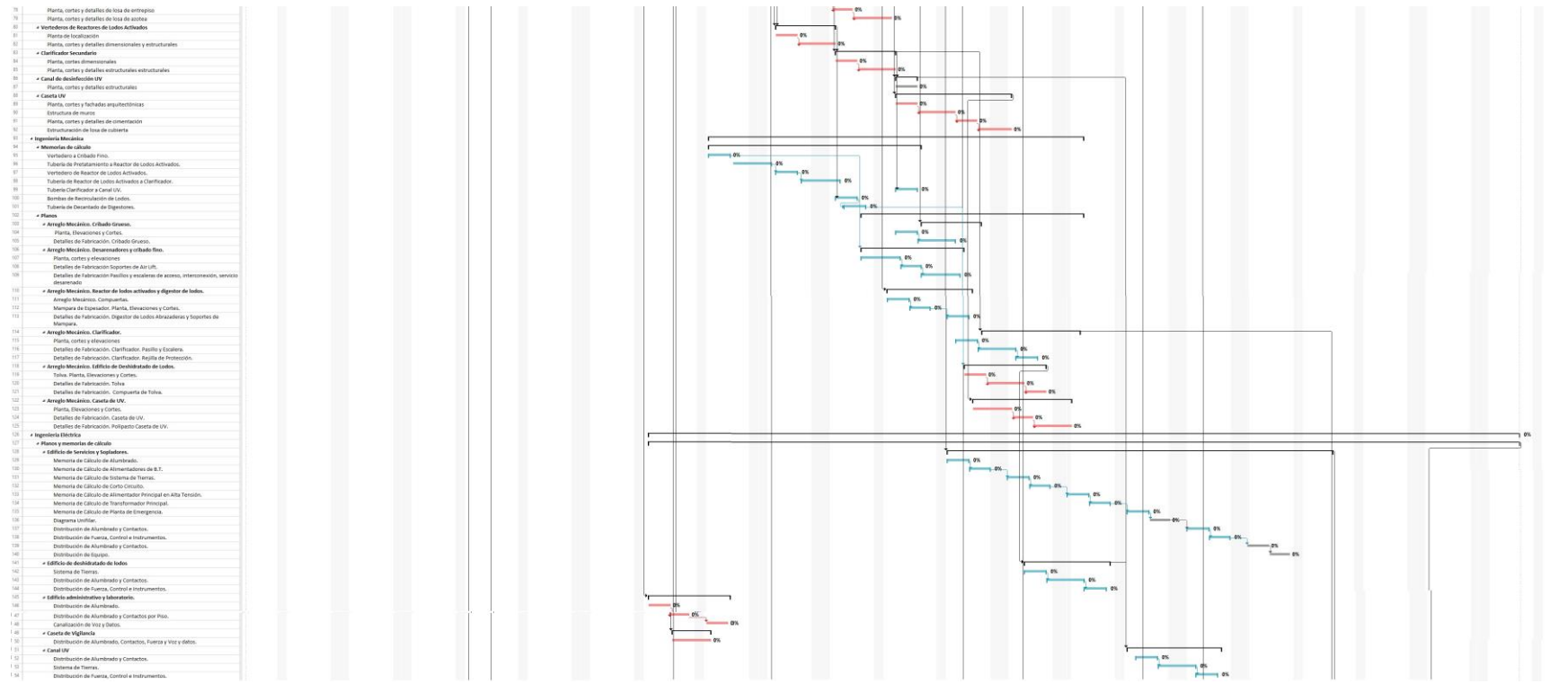
Figura 4.32 Programación de las hojas de datos de la ingeniería de instrumentación.

A continuación presentamos el Diagrama de Gantt completo, de las actividades descritas.

# Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

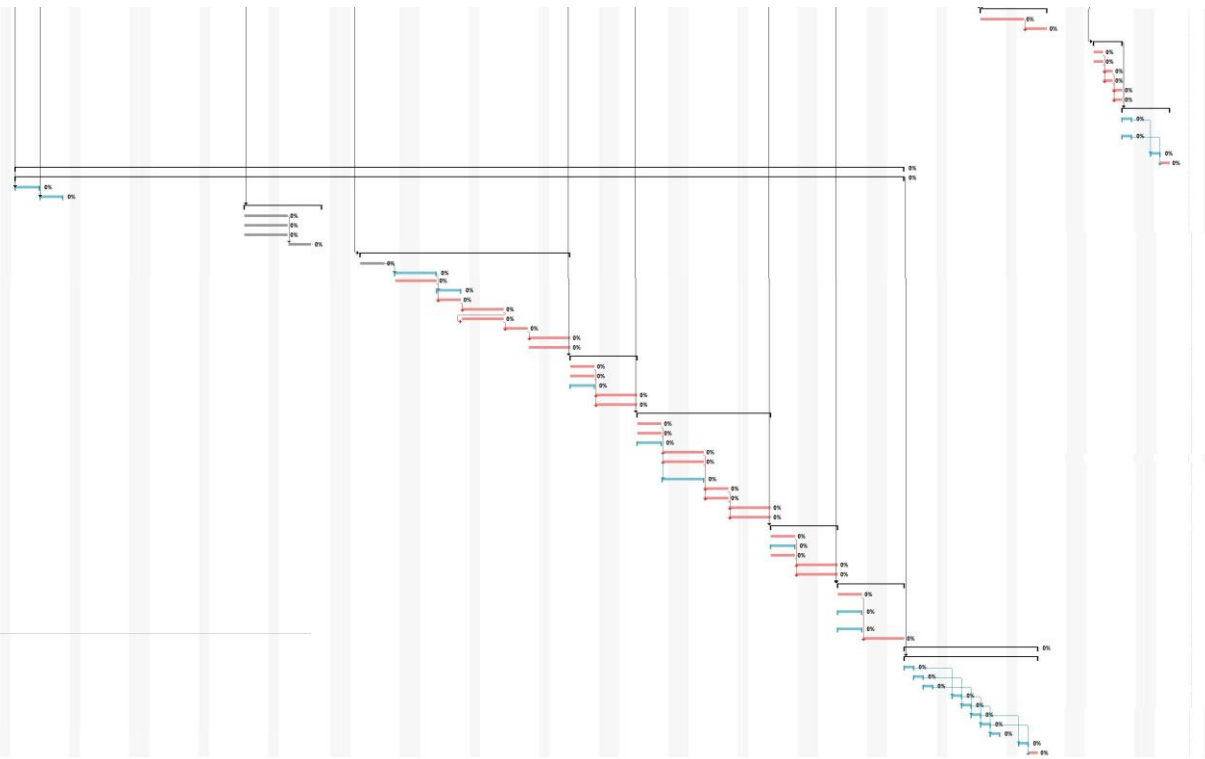


# Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial



# Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- 150 • **Clasificador secundario**
- 151 Distribución de Planta, Control e Instrumentos
- 152 Distribución General de Fuerza Control e Instrumentos.
- 153 • **Especificaciones**
- 154 Especificación General de Diseño Eléctrico (Bases de Diseño)
- 155 Especificación de Centros de Control de Motores.
- 156 Especificación de Generador de Emergencia.
- 157 Especificación de Subestación Compuerta.
- 158 Especificación de Transformador Principal.
- 159 Especificación para Tableros Autoalimentados de Baja Tensión.
- 160 • **Hojas de datos**
- 161 Hoja de Datos COM Normal, Emergencia, Transformador Principal, Subestación Compuerta, Edificio de Servicios.
- 162 Hoja de Datos COM Normal, Emergencia, Transformador Principal, Subestación Compuerta, Edificio de Cámaras de Excesiones.
- 163 Hoja de Datos Generador de Emergencia, Edificio de Servicios.
- 164 Hoja de Datos Generador de Emergencia, Edificio de Cámaras de Excesiones.
- 165 • **Ingeniería de tuberías**
- 166 • **Plano**
- 167 Arreglo General de Tuberías, Planta.
- 168 Arreglo General de Equipos.
- 169 • **Desarrollamos el detalle general**
- 170 Arreglo de Tuberías, Planta.
- 171 Arreglo de Tuberías, Cortes y Elevaciones.
- 172 Localización de Soportes.
- 173 Detalles de Soportes.
- 174 • **Reactor de lodo activado y clarificador**
- 175 Isométrico de Tubería, De Pretratamiento Reactor de Lodo Activado
- 176 Arreglo de Tuberías, Cortes y Detalles, Reactor de Lodo Activado
- 177 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Reactor de Lodo Activado
- 178 Detalles de Soportes, Tubería de Aire en Taludes.
- 179 Detalles de Fabricación, Tipo Omega.
- 180 Isométrico de Tubería, Reactor de Lodo Activado y Clarificador
- 181 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Clarificador
- 182 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Emergencia de Clarificador
- 183 Detalles de Fabricación, Clarificador, Fuelle y Escalera.
- 184 Detalles de Fabricación, Clarificador, Fuelle de Rotación.
- 185 • **Clasificadores, canal de desulfuración UV**
- 186 Isométrico de Tubería, Clarificador y Canal de Desulfuración UV.
- 187 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Canal de Desulfuración UV.
- 188 Arreglo de Tuberías, Planta, Cuarta de UV.
- 189 Arreglo de Tuberías, Elevaciones, Cuarta de UV.
- 190 Localización y Detalles de Soportes, Cuarta de UV.
- 191 • **Edificio de servicios y vigilantes**
- 192 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Cuarto de Sopladores.
- 193 Localización de Soportes, Cuarto de Sopladores.
- 194 Detalles de Soportes, Cuarto de Sopladores.
- 195 Isométrico de Cubeador de Cuarto de Sopladores.
- 196 Isométrico de Tuberías, Aire a Dispersos Reactores de Lodos Activados.
- 197 Isométrico de Tuberías, Aire a Descarabados.
- 198 Isométrico de Tuberías, Aire a Dispersos de lodos.
- 199 Isométrico de Tuberías, Aire a Dispersos Digestores de lodos.
- 200 Arreglo de Tuberías, Planta, Agua de Servicio.
- 201 Isométrico de Tuberías, Agua de Servicio.
- 202 • **Digestores de lodo activado**
- 203 Arreglo de Tuberías, Planta, Digestores de Lodos.
- 204 Arreglo de Tuberías, Elevaciones, Digestores de Lodos.
- 205 Detalles de Soportes, Digestores de Lodos.
- 206 Isométrico de Tuberías, Succión de Bombas de Lodos.
- 207 Isométrico de Tuberías, Agua de Decantado de espesador de lodos.
- 208 • **Edificio de deshidratado de lodos**
- 209 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Edificio de Deshidratado de lodos, Planta Rota.
- 210 Arreglo de Tuberías, Planta y Elevaciones, Edificio de Deshidratado de lodos, Planta Rota.
- 211 Localización de Soportes, Edificio de Deshidratado de Lodos.
- 212 Detalles de Soportes, Edificio de Deshidratado de Lodos.
- 213 • **Ingeniería de instrumentación**
- 214 • **Hojas de datos**
- 215 Hoja de Datos Transmisor de Nivel Tipo Ultrasonido.
- 216 Hoja de Datos Manómetro.
- 217 Hoja de Datos Transmisor de Flujo Tipo Magnético.
- 218 Hoja de Datos Válvulas Solenoides.
- 219 Hoja de Datos Muestreador Automático.
- 220 Hoja de Datos Transmisor de Flujo Tipo Disposición Térmica.
- 221 Hoja de Datos Válvulas de control.
- 222 Hoja de Datos Transmisor Analizador de Dispersos.
- 223 Hoja de Datos Transmisor de Temperatura.
- 224 Hoja de Datos Transmisor de Presión.



# CONCLUSIONES

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

Durante la realización de los estudios de Ingeniería Química, las disciplinas del plan de estudios se enfocan muy poco en las disciplinas complementarias a la carrera; el desarrollo de un proyecto, es algo tan básico como planear nuestro día y que sin embargo, carecemos de los conceptos básicos para llevarlo a cabo, es por ello que al formar parte de un equipo de trabajo profesional, el desarrollo de un proyecto se torna un poco complicado. De ahí mi curiosidad e inquietud de conocer un poco más acerca de la visión global del proyecto, desde el punto de vista de los expertos.

A lo largo del desarrollo de este trabajo, pudimos darnos cuenta que realizar un proyecto es la conjunción de una serie de actividades, las cuales tienen todo un trabajo detrás, pero que sin embargo sea cual sea el proyecto siempre se busca cumplir con cuatro objetivos: tiempo, costo, alcance y calidad, en mayor medida si hablamos de un proyecto industrial.

Hay una serie de puntos clave para el éxito del proyecto, desde considerar gente con los conocimientos y habilidades adecuadas para formar un buen equipo de trabajo, establecer cuáles serán las actividades a desarrollar, lo que ya hemos definido como alcance, hasta el desarrollo adecuado de una ruta crítica, misma que representa las actividades clave dentro del proyecto y que no pueden tener un atraso en la realización de las mismas, ya que representarían un problema en el cumplimiento del tiempo y del costo.

Cabe mencionar que en este trabajo contamos con el apoyo de ingenieros expertos en la realización de proyectos industriales, los cuales nos dieron una visión más global sobre todas las responsabilidades que conlleva la realización de un proyecto más allá de la etapa de planeación. Una de las tantas ventajas que esto representó es que consideramos puntos que no siempre son tomados en cuenta al realizar un proyecto de manera teórica, por ejemplo, los tiempos en los que son adecuados comenzar las tareas de las disciplinas que están relacionadas entre sí, para así ahorrar tiempo.

Estos tiempos deben considerar desde lo que tarda en ser realizada la tarea como tal, hasta los tiempos en los que un equipo, el material de trabajo incluso el personal

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

capacitado, puede llegar al sitio de construcción (si se decide comenzar la construcción al mismo tiempo que se está realizando la ingeniería), los movimientos de tierras, variación de personal, incluso variaciones en factores externos como la normativa, o factores ambientales, etc.

De la misma manera, hacer que estos tiempos sean adecuados a la cantidad de personal trabajando con nosotros, o que los recursos económicos sean suficientes para que permitan el desarrollo completo y de calidad del proyecto.

Con este trabajo logramos facilitar al lector del mismo, la forma en que entienda la programación de un proyecto, al presentar de manera clara y concreta los conceptos más básicos, como las etapas de un proyecto (inicio, planeación, ejecución, control y cierre), las distintas metodologías que nos permiten hacer más fácil el desarrollo como la metodología FEL, y las herramientas de las que se apoyan como WBS, PERT, CMP, las cuales nos permiten una mejor organización; la manera en la que medimos la calidad de un trabajo, con normas o estándares, los cuales son establecidos por organismos, asociaciones o secretarías, y que son un punto de referencia para el desarrollo de un trabajo.

Establecimos parámetros básicos en el desarrollo de cualquier proyecto industrial y que sirven de guía, la importancia de considerar el marco regulatorio, dando énfasis en el que abarca una PTAR, incluso hablamos sobre los software que más útiles pueden ser al momento de desarrollar nuestro trabajo, con esto abrimos paso a la programación de las actividades a realizar en una PTAR y en la cual aplicamos los conceptos ya mencionados, haciendo una programación multidisciplinaria.

Por otra parte, en lo que la planta de tratamiento de agua se refiere podemos observar en el diagrama de Gantt, que tenemos marcada una ruta crítica, la cual marca las actividades principales a realizar, es importante hacer notar que los diagramas de flujo de proceso, de tuberías e instrumentación y de simbologías, son pasos muy importantes en el desarrollo del proyecto.

Además dentro de cada ingeniería tenemos algunas actividades más importantes que otras, dentro de la ingeniería civil podemos encontrar que los planos de la



## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

caseta de vigilancia son parte de las actividades que no pueden tener holgura y si bien podemos entender que no es un edificio que impacte en desarrollo del proceso, es importante debido al trabajo posterior que deben realizar los ingenieros civiles, también tenemos actividades importantes dentro de los cuerpos civiles como los desarenadores y cribado grueso, el cribado fino cárcamo de bombeo, edificio de sopladores, y el de deshidratado de lodos. También los planos de localización y de cortes y detalles de los vertederos de reactores de lodos activados, de los clarificadores y del canal de desinfección UV.

Por parte de la ingeniería mecánica, dentro de las actividades más importantes tenemos la elaboración de los planos de planta, elevaciones y cortes, principalmente del edificio de deshidratado de lodos.

Si observamos el diagrama de Gantt, podemos notar que la ingeniería de tuberías comprende la mayoría de actividades críticas, entre las que se encuentran los arreglos de planta y elevaciones, la localización de los soportes, isométricos y detalles de fabricación, entre otros, de todos los cuerpos de proceso involucrados en este proyecto. Con lo cual podemos concluir que es la ingeniería que tiene más peso sobre el tiempo de cumplimiento del proyecto, no queriendo decir que las demás actividades no deben ser cumplidas en tiempo y formar con toda la calidad que un proyecto de este tipo requiere.

Queremos recalcar también que es importante saber explotar todas ventajas que las herramientas de trabajo que estemos usando puedan brindarnos.

Al enfocarnos en la programación de la ingeniería básica de una PTAR, queremos dejar en claro, la complejidad que un proyecto puede llegar a adquirir dependiendo del enfoque que nosotros queramos abarcar, y la importancia de que, además de considerar los conceptos teóricos, tengamos, por llamarlo de algún modo, un sentido común que nos permita facilitar la programación de un proyecto, pensando de una manera más empírica en la misma.

# BIBLIOGRAFÍA

## Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial

- Project Manager Institute (2013), *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía de PMBOK)*, Pensilvania EE.UU., Global Standard.
- Torres Z. y Torres H. (2014). *Administración de proyectos*. México. Grupo Editorial Patria.
- Ander-Egg E.y Aguilar Idáñez M. *Como elaborar un proyecto*. Buenos Aires, 1997, 13ª edición. Editorial Lumen/Humanitas.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua Insurgentes. Subdirección General de Administración del Agua, Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996, NOM-003-SEMARNAT-1997. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105139/Normas\\_Oficiales\\_Mexicanas.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/105139/Normas_Oficiales_Mexicanas.pdf)
- Subsecretaría de industria y comercio, 2017, Guía de estándares técnicos para empresas proveedoras de la industria de hidrocarburos. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271104/SE\\_Gu\\_a\\_de\\_Est\\_ndaes\\_T\\_cnicos\\_Hidrocarburos\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/271104/SE_Gu_a_de_Est_ndaes_T_cnicos_Hidrocarburos_2017.pdf)
- Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero, 2018, Catálogo de Normas. Recuperado de [http://www.canacero.org.mx/normalizacion/catalogo\\_de\\_normas.pdf](http://www.canacero.org.mx/normalizacion/catalogo_de_normas.pdf)
- Cobian Media, 2014, ¿Cuál es el mejor software de gestión de proyectos?. Recuperado de <https://www.cobianmedia.com/2014/07/09/software-de-gestion-proyectos/>

# SIGLAS Y ACRÓNIMOS

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

FEL: Front end Loading

WBS: Work Breakdown Structure.

PERT (Project evaluation and review technique)

CPM: Critical Path Method

ISO: Organismo Internacional de Normalización.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.

ITU: Unión internacional de Telecomunicaciones.

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.

SIS: Swedish Standards Institute.

UNI: Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

BSI: British Standards Institution).

IPQ: Instituto Portugues da Qualidade).

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

ASCE: American Society of Civil Engineers.

AWS: Sociedad Americana de Soldadura.

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.

DFP: Diagrama de Flujo de Proceso.

DTI: Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

## **Estructura y Secuencia de la Programación de un Proyecto Industrial**

LAN: Ley de Aguas Nacionales.

LGEEPA: Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

# APÉNDICES

**GLOSARIO DE TERMINOS**

1. Asequible: adj. Que puede conseguirse o alcanzarse.
  
2. Biodisco: Conjunto de discos fijos, adaptados en un tanque de concreto para realizar un proceso biológico aeróbico, el cual es utilizado para el tratamiento secundario de las aguas residuales especialmente con alto contenido en DBO.
  
3. DBO: Cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en una muestra.
  
4. DQO: Cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en bióxido de carbono y agua.
  
5. Escorrentía pluvial: Agua de lluvia que no es absorbida por el terreno, esta fluye sobre el terreno, recoge y transporta el suelo desprendido de áreas forestales, excremento animal, pesticidas, fertilizantes, aceites, grasas y otros detergentes.
  
6. Flotación: Fenómeno que ocurre a diversos materiales cuando estos se mantienen sobre el tope de un líquido o gas.
  
7. Lagunaje: Técnica que consiste en depurar aguas residuales en estanques impermeables con ayuda de microorganismos.
  
8. Lodos activados: Proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico, son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, lugar del cual son recirculados nuevamente al aunque

aireador o reactor.

9. Membranas cerámicas: Barreras delgadas entre dos fases, a través de las cuales, bajo la acción de una fuerza como una diferencia de presión o de concentración, tiene lugar un transporte. Las retenciones y separaciones que se llevan a cabo en las membranas se ven influidas por los procesos capilares, los fenómenos de adsorción y la carga superficial de estas membranas.
10. Sedimentación: Acumulación por deposición de todos aquellos materiales alterados y transportados previamente.
11. Ultrafiltración: Tipo de Filtración que utiliza membranas para separar diferentes tipos de sólidos y líquidos. Las membranas de Ultrafiltración están dispuestas en forma de capilares y están construidas con materiales plásticos que son porosos semipermeables. Es capaz de concentrar sólidos suspendidos, bacterias, algunas proteínas, algunos colorantes y compuestos con un peso molecular mayor a 150,000 Daltons.