

00568



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PROGRAMA DE POSGRADO EN INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS**

**"PRINCIPIOS BASICOS PARA EL INICIO EXITOSO DE UN
PROYECTO IPC, DE UNA PLANTA DE ENERGIA"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

P R E S E N T A:

ING. ALEJANDRO BRAVO AGUIRRE

TUTOR: M. en C. LETICIA LOZANO RIOS



MÉXICO, D.F.

2005

M347403



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Dios, quien me ha dado la oportunidad
de superarme y de estar aquí

A mi madre a quien tanto Admiro, aunque
físicamente no esta conmigo.
A mi padre por su cariño incondicional

A mis hermanos, por todo lo que
han aportado a mi vida

A mis sobrinos que tanto quiero

A mis amigos por ayudarme a duplicar
mis alegrías y a dividir los momentos
tristes por enseñarme el valor de la
amistad

A Julian Teran Alejandro Rangel y Yadis,
por su gran apoyo.

Con Gran respeto al DR. Julio Ricardo
Landgrave Romero, por la oportunidad y
por haber confiado en mi.
Descase en Paz

A MI TUTORA mi más grande afecto y mi
admiración a una gran Profesora y Amiga
M. en A Leticia Lozano Ríos

A MIS SINODALES:
Por la labor realizada con la comunidad
Universitaria y contribuir a un mejor País

A la UNIVERSIDAD por la oportunidad
de poder pertenecer a una gran
institución

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: ALEJANDRO BRAVO
AGUIRRE

FECHA: 31 / AGOSTO / 2005

FIRMA: 

20 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Purón R. José Alejandro (2000), "*ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA, PROCURACIÓN Y CONSTRUCCIÓN Y SU ANÁLISIS DE RIESGOS*", Tesis de Licenciatura, Universidad Iberoamericana, México.
2. Project Management Institute, "*A GUIDE TO THE PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE*", Standards Committee, William R. Duncan, Director of Standards
3. PM NETWORK (1999) , "*THE PROFESSIONAL MAGAZINE OF THE PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE*"
4. P3 PRIMAVERA PROJECT PLANNER (2004), "*REFERENCE MANUAL*". Primavera.
5. PROJECT PROCUREMENT MANAGEMENT (2000), A guide to the Project Management Body of Knowledge.
6. Frame J. Davidson (1994), "*THE NEW PROJECT MANAGEMENT*", 1a edición, Jossey Bass Publishers, San Francisco.
7. Grupo de Industrias Resistol, Departamento de Desarrollo de Proyectos (1998), "*CURSO DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS*", México.
8. Grupo de Industrias Resistol, Departamento de Desarrollo de Proyectos (1980), "*CURSO DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS*", México.
9. MATERIAL MANAGER (2004), "*REFERENCE MANUAL*", Material Manager
10. Grupo de Industrias Resistol , Gerencia Corporativa de Procesos (1992), "*MANUAL DE DEFINICIÓN DE PROYECTOS*", México.
11. "*KNOWLEDGE ONLINE*" (2004), Empresa de Proyectos Industriales de Ingeniería, Procuración y Construcción; Fluor, S. de R.L..
12. Construction Industry Institute (2002), CD Manual, Varios.
13. "PM NETWORK, THE PROFESIONAL MAGAZINE OF THE PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE" , (1999)
14. Empresa de Proyectos Industriales de Ingeniería, Procuración y Construcción; Fluor, S. de R.L, (2002), "*CURSO DE " LEAD TRAINING "*", México.
15. Empresa de Proyectos Industriales de Ingeniería, Procuración y Construcción; Fluor, S. de R.L, (2002), "*CURSO DE " PE-100 PROYECTOS IPC "*", México.
16. Mc Graw Hill (2003), "*ADMINISTRACION DE PROYECTOS DE CONSTRUCCION*"
17. PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (2000), Project Management Institute (PMBOK Guide)
18. Maestría en Ingeniería y Administración de Proyectos (2004), UNAM, *NOTAS DEL CURSO DE PROCURACION*, México.

19. Maestría en Ingeniería y Administración de Proyectos (2004), UNAM, *NOTAS DEL CURSO DE GERENCIA DE PROYECTOS*, México.
20. Maestría en Ingeniería y Administración de Proyectos (2004), UNAM, *NOTAS DEL CURSO DE INGENIERIA BASICA*, México.
21. Maestría en Ingeniería y Administración de Proyectos (2004), UNAM, *NOTAS DEL CURSO DE INGENIERIA DE DETALLE*, México.
22. PERRY'S, R.H. (1997) Mc Graw Hill, *PERRY'S CHEMICAL ENGINEERS, HANDBOOK* (7 edition).
23. EZ TRAC (2003), *"REFERENCE MANUAL"*, Ez trac
24. CFE. (1999), *LAS FUENTES DE LA ENERGIA*, CFE

CONSULTAS A PÁGINAS WEB

- A. <http://www.apa-ports.org/> (Septiembre 2003)
- B. <http://www.ocimf.com> (Noviembre 2003)
- C. <http://www.depa.pquim.unam.mx>(Enero 2004)
- D. <http://www.oilonline.com/oe> (Febrero 2004)
- E. <http://www.cfe.gob.mx/es/> (Enero 2005)
- F. <http://www.pemex.com/> (Enero 2005)
- G. <http://aplicaciones.cfe.gob.mx/aplicaciones/ncfe/licitaciones/>(Febrero 2005)
- H. http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/HAZOP.htm

21 GLOSARIO

- **P.D.S** : Es una extensa e inteligente aplicación de diseño/ingeniería asistida por computadora para el diseño, construcción y operación de plantas industriales. Asiste a las compañías de ingeniería, procuración, construcción y operadores, proporcionando el mejor diseño posible y a llevarlo a cabo lo mas eficiente para reducir el costo total de la instalación del proyecto.
- **HVAC**: Aire Acondicionado, Calefacción y Ventilación (por sus siglas en Ingles).
- **HAZOP**: Es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa en los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una, desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación de un sistema dado y en una etapa determinada.
- **DTI's** :(Diagrama de tuberías e instrumentación)
- **SCD**: (Sistema de control distribuido)
- **SCI** : (Sistema contra incendio)
- **SIS** : (Sistema Instrumentado de seguridad)
- **Spool's**: Es una pieza de tubería corta, con chaflanes en las terminales.

1	INTRODUCCIÓN	6
	Alcance:	6
2	HIPÓTESIS	7
3	OBJETIVO	7
4	PROYECTOS IPC	8
	4.1.1 PROYECTOS IPC	8
	4.1.2 PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA	8
5	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	10
	5.1.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	10
	5.1.2 CONTROL DE PROYECTOS	12
	5.1.3 WBS (WORK BREAKDOWN STRUCTURE)	13
	5.1.4 COMPONENTES DEL WBS	14
	5.1.5 ESTRUCTURA DEL WBS	14
	5.1.6 DESCRIPCIÓN DEL W.B.S.	15
	5.1.7 NIVEL DE DETALLE DEL W.B.S.	15
6	PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	16
	6.1 PLAN DE EJECUCIÓN DE INGENIERÍA	16
	6.1.1 PLAN DE EJECUCIÓN DE ARQUITECTURA	16
	6.1.2 PLAN DE EJECUCION DE CIVIL / ESTRUCTURAL	16
	6.1.3 PLAN DE EJECUCIÓN DE MECÁNICA Y HVAC	17
	6.1.4 PLAN DE EJECUCIÓN DE TUBERIAS	18
	6.1.5 PLAN DE EJECUCIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA	18
	6.1.6 PLAN DE EJECUCIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL:	19
	6.1.7 PLAN DE EJECUCIÓN DE PROCESO	20
	6.2 PLAN DE EJECUCIÓN DE PROCURACIÓN	20
	6.2.1 REQUISICIONES Y COMPRAS	20
	6.2.2 EXPEDITACIÓN	21
	6.2.3 INSPECCIÓN EN TALLER	21
	6.2.4 LOGISTICA	21
	6.2.5 CONTROL DE MATERIALES EN CAMPO	21
	6.2.6 COMPRAS EN CAMPO	21
	6.3 PLAN DE EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN	21
	6.3.1 INTERRELACIÓN CON INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD	22
	6.3.2 SUBCONTRATOS	22
	6.3.3 MATERIALES EN LA CONSTRUCCION	22
7	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLAVES DE LA INGENIERIA BASICA	23
	7.1.1 BASE DE DISEÑO DEL PROYECTO	23
	7.1.2 BASE DE DISEÑO DEL PROCESO	23
	7.1.3 BASE DE DISEÑO DE SERVICIOS AUXILIARES	24
	7.1.4 SERVICIOS	24
	7.1.5 BASES DE DISEÑO DE PROCESO	24
	7.1.6 BASES DE DISEÑO DE SERVICIOS AUXILIARES	27
	7.1.7 CRITERIOS DE DISEÑO	27
	7.1.8 DATOS Y CONDICIONES DE SITIO	28
	7.1.9 CODIGOS Y ESTANDARES	28
	7.1.10 UNIDADES	28
	7.1.11 NOMBRE Y NÚMERO DEL EQUIPO	28
	7.1.12 NÚMERO DE DIAGRAMA	28
	7.1.13 FLEXIBILIDAD Y EXPANSIÓN	28
	7.1.14 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD	29
	7.1.15 AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO TERMICO	29
	7.1.16 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	29
	7.1.17 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	29
	7.1.18 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	30
	7.1.19 DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN	30
	7.1.20 INFORMACIÓN ADICIONAL ESPECIAL	30
	7.1.21 FACTORES ECONÓMICOS	30
	7.1.22 REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN	30
	7.1.23 REQUERIMIENTOS ESPECIALES DEL LAYOUT	30
	7.1.24 SISTEMA DE UNIDADES	31
	7.2 MODELO ELECTRÓNICO	31
	7.3 INTERFASE DEL GERENTE CON EL CLIENTE	32
8	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLAVES DE LA INGENIERIA DE DETALLE	33
	8.1 PROCESO	33

8.1.1	LISTA DE EQUIPO	33
8.1.2	LISTA DE MOTORES	33
8.1.3	HOJAS DE DATOS DE EQUIPO	33
8.1.4	FILOSOFÍAS BÁSICAS DE OPERACIÓN	34
8.1.5	PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL	34
8.1.6	INDICE DE SERVICIOS	34
8.1.7	TABLA DE ALARMAS	34
8.1.8	ESTUDIO DE RIESGO (HAZOP)	34
8.1.9	MANUAL DE OPERACIÓN DE PROCESO	35
8.1.10	ENTREGABLES	35
8.2	AMBIENTAL	36
8.2.1	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	36
8.2.2	ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN	36
8.2.3	ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	36
8.2.4	ETAPA DE ABANDONO DE SITIO	36
8.3	CIVIL	37
8.3.1	TOPOGRAFÍA Y PREPARACIÓN DEL SITIO	37
8.3.2	MECÁNICA DE SUELOS	37
8.3.3	DRENAJES	37
8.3.4	ESTRUCTURAS	38
8.3.5	CIMENTACIONES	38
8.3.6	SOPORTE DE TUBERÍAS	38
8.3.7	MAQUETA ELECTRÓNICA	39
8.3.8	ENTREGABLES	40
8.4	ARQUITECTURA	41
8.4.1	DISEÑO DE DETALLE	41
8.4.2	EDIFICIOS	41
8.4.3	ACABADOS	41
8.4.4	INSTALACIONES HIDRAÚLICAS Y SANITARIA	41
8.4.5	MAQUETA ELECTRÓNICA	41
8.4.6	ENTREGABLES	42
8.5	TUBERIAS	42
8.5.1	PLOT PLANT	42
8.5.2	PLANO DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO	42
8.5.3	DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN	42
8.5.4	LISTA DE LÍNEAS	42
8.5.5	ESPECIFICACIÓN DE TUBERÍAS	43
8.5.6	PLANOS ISOMÉTRICOS	43
8.5.7	LISTA DE PUNTOS DE CONEXIÓN	43
8.5.8	LISTA DE ACCESORIOS ESPECIALES	43
8.5.9	VOLUMEN DE OBRA	43
8.5.10	ESQUEMÁTICOS	43
8.5.11	PLANOS DE PLANTAS Y ELEVACIONES	43
8.5.12	DETALLES DE SOPORTE	44
8.5.13	LISTA DE MATERIALES	44
8.5.14	MAQUETA ELECTRÓNICA	44
8.5.15	ENTREGABLES	45
8.6	ELÉCTRICO	46
8.6.1	DIAGRAMAS UNIFILARES ELÉCTRICOS	46
8.6.2	PLANOS DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS	46
8.6.3	ESPECIFICACIONES DE EQUIPO	46
8.6.4	SISTEMA GENERAL DE FUERZA	46
8.6.5	DISTRIBUCIÓN DE FUERZA SUBTERRÁNEA	46
8.6.6	DETALLES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICOS	46
8.6.7	SISTEMA GENERAL DE TIERRAS	47
8.6.8	ALUMBRADO GENERAL	47
8.6.9	CÉDULA DE CONDUCTORES	47
8.6.10	MAQUETA ELECTRÓNICA	47
8.6.11	ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN	48
8.6.12	ENTREGABLES	48
8.7	INSTRUMENTACION	49
8.7.1	HOJAS DE DATOS DE INSTRUMENTOS	49
8.7.2	ÍNDICE DE INSTRUMENTOS	49
8.7.3	ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS	49
8.7.4	REQUISICIONES DE INSTRUMENTOS	50
8.7.5	PLANO DE LOCALIZACIONES DE INSTRUMENTOS	50
8.7.6	DIBUJOS TÍPICOS DE INSTALACIÓN	50
8.7.7	DIAGRAMAS DE LAZOS Y DE INTERCONEXIÓN	50
8.7.8	PLANOS DE SUMINISTRO DE AIRE Y CONDUCCIÓN NEUMÁTICA	50
8.7.9	DETALLES DE ALAMBRADO	50

8.7.10	LÓGICOS DE CONTROL	51
8.7.11	DIAGRAMA DE TABLEROS LOCALES	51
8.7.12	MAQUETA ELECTRÓNICA	51
8.7.13	LISTA DE MATERIALES	52
8.7.14	ENTREGABLES	52
8.8	MECÁNICO	53
8.8.1	ESPECIFICACIONES DE EQUIPO	53
8.8.2	TORRES Y COLUMNAS	53
8.8.3	INTERCAMBIADORES DE CALOR	53
8.8.4	RECIPIENTES A PRESIÓN	54
8.8.5	TANQUES ATMOSFÉRICOS	54
8.8.6	ESPECIFICACIONES DE AISLAMIENTO	54
8.8.7	ESPECIFICACIONES DE PINTURA	55
8.8.8	ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE	55
8.8.9	MAQUETA ELECTRÓNICA	55
8.8.10	ENTREGABLES	56
9	SUPERVISIÓN DE LAS INTERFASES DE LA INGENIERÍA	57
10	FUNCIONES DE LA PROCURACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES	58
10.1	PROCURACIÓN	58
10.1.1	REQUISICIONES	59
10.2	MANEJO DE MATERIALES	60
10.2.1	PAQUETES DE TRABAJO	60
10.3	INSPECCIÓN	61
10.4	EXPEDITACIÓN	62
10.5	TRÁFICO Y LOGÍSTICA	63
10.6	CONTRATOS Y CONTRATISTAS	64
10.6.1	FIRMAS DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN (CONTRATISTAS)	64
10.6.2	SELECCIÓN DEL CONTRATISTA	64
10.6.3	TIPOS DE REEMBOLSOS	65
10.6.4	CONTRATO A PORCENTAJE	65
10.6.5	CONTRATO A PORCENTAJE CON HONORARIOS	65
10.6.6	CONTRATO A PRECIO ALZADO O PRECIO FIJO	65
10.6.7	CONTRATO DE MAXIMO GARANTIZADO	66
10.6.8	LA FORMA DEL CONTRATO	66
10.7	MANEJO DE ALMACENES	66
10.7.1	EXPEDITACIÓN, TRÁFICO E INSPECCION DE TALLER	67
10.7.2	ESPACIO DE ALMACENAMIENTO	67
11	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLAVES DE LA CONSTRUCCIÓN	68
11.1	CONSTRUCCIÓN	68
11.2	PREPARACIÓN DEL SITIO	68
11.3	TRABAJOS TOPOGRÁFICOS	69
11.4	TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DEL TERRENO	69
11.5	FABRICACIÓN DE PRECOLADOS DE CONCRETO	69
11.6	EXCAVACIONES	69
11.7	HINCADO DE PILOTES Y FABRICACION DE PILAS	70
11.8	CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES	70
11.9	CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES	71
11.10	PAVIMENTOS, BANQUETAS Y GUARNICIONES	71
11.11	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, CASSETAS Y COBERTIZOS	71
11.12	ESTRUCTURAS METÁLICAS	72
11.13	PROTECCIÓN CONTRAFUEGO A ESTRUCTURAS METÁLICAS Y EQUIPOS	72
11.14	RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS	72
11.15	AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍA, ACCESORIOS Y EQUIPOS	72
11.16	OBRA MECÁNICA	73
11.17	OBRA DE TUBERÍAS	73

11.18	OBRA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	74
11.19	OBRA DE ELÉCTRICA	75
12	INICIO EXITOSO DE LA PUESTA EN SERVICIO	78
12.1	PRUEBA Y ARRANQUE	78
12.2	TIPOS Y SECUENCIA DE DE ACTIVIDADES A REALIZAR DURANTE LA PRUEBA Y ARRANQUE DE LA PLANTA	79
12.3	PRUEBA DE LA PLANTA INDUSTRIAL	81
12.4	ARRANQUE	83
13	COORDINACIÓN CON LAS DISCIPLINAS EN LAS DISTINTAS ETAPAS DEL PROYECTO	84
13.1	COORDINACIÓN	84
13.1.1	ETAPAS DE PLANEACIÓN	84
13.1.2	ETAPAS DE EJECUCIÓN	84
13.1.3	CON LA DISCIPLINA DE CONTROL DE PROYECTOS	84
13.1.4	CON LA DISCIPLINA DE INGENIERÍA	85
13.1.5	CON CONSTRUCCIÓN	86
13.1.6	CON PROCURACIÓN	86
13.1.7	CUANDO TENEMOS UN PROYECTO	86
13.1.8	ADMINISTRACIÓN	86
13.1.9	ACTIVIDADES TÉCNICAS	87
14	PLANTAS DE CICLO COMBINADO	89
14.1	CENTRALES DE CICLO COMBINADO	89
4.3	DESCRIPCIÓN DE UN CICLO COMBINADO	89
14.2	TURBINA DE GAS Y TURBINA DE VAPOR	92
14.2.1	FUNCIÓN DEL SISTEMA	92
14.2.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. TURBINA DE GAS	92
14.2.3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. TURBINA DE VAPOR	93
14.2.4	OPERACIÓN NORMAL	94
14.3	CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR	95
14.3.1	FUNCIÓN DEL SISTEMA	95
14.3.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	95
14.3.3	SISTEMA DE COMBUSTIBLE	97
14.4	SISTEMA DE CONDENSADO	98
14.4.1	FUNCIÓN DEL SISTEMA	98
14.4.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	98
14.4.3	OPERACIÓN NORMAL	99
14.5	AGUA DE ALIMENTACIÓN A CALDERAS	99
14.5.1	FUNCIÓN DEL SISTEMA	99
14.5.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	100
14.5.3	OPERACIÓN NORMAL	101
15	CASO DE ESTUDIO	102
15.1	ANTECEDENTES	102
15.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	102
15.3	PLANTA DE CICLO COMBINADO PLOT PLANT	103
15.4	EQUIPO PRINCIPAL	104
15.5	ALCANCE DETALLADO DE LA PLANTA	107
15.5.1	INGENIERÍA BÁSICA	107
15.5.2	INGENIERÍA DE DETALLE	107
15.5.3	DOCUMENTACIÓN FINAL	107
15.5.4	DOCUMENTACIÓN DE GESTIÓN DEL PROYECTO	107
15.5.5	ANTEPROYECTO	108
15.5.6	LISTA DE DOCUMENTACIÓN	108
15.5.7	DOCUMENTACIÓN INCLUIDA EN LA INGENIERÍA	108
15.5.8	DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA	109
15.5.9	INGENIERÍA DE DETALLE	109
15.5.10	OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS	110
15.5.11	MECÁNICA	111
15.5.12	ELÉCTRICA	112
15.5.13	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	113
15.5.14	PROCEDIMIENTOS	114
15.5.15	OTROS DOCUMENTOS	114
15.5.16	MANUAL DE INSTRUCCIONES	115

15.5.17	PLANOS	115
15.5.18	IDIOMA	116
15.5.19	UNIDADES	116
15.5.20	PROCESO DE APROBACIÓN	116
15.5.21	PLAN DE CALIDAD	117
15.5.22	PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS	118
15.5.23	CERTIFICACIONES, PRUEBAS Y ENSAYOS DE EQUIPOS	118
15.5.24	PRUEBAS FUNCIONALES	119
15.5.25	PRUEBAS DE FIABILIDAD	121
15.6	INICIO DE UN PROYECTO	122
15.7	LISTAS DE VERIFICACIÓN DE ADMINISTRACION	123
15.8	LISTAS DE VERIFICACIÓN DE ARRANQUE DEL PROYECTO	126
15.9	DIAGRAMA DE FLUJO DEL INICIO DE UN PROYECTO	129
15.10	CONTENIDO DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	130
15.11	ORGANIGRAMA DEL PROYECTO ENERGIA	137
15.12	WBS DEL PROYECTO DE ENERGIA	138
15.13	LISTAS DE VERIFICACIÓN PARA REVISAR EL DISEÑO	139
15.14	HERRAMIENTAS QUE AYUDAN AL ÉXITO DEL PROYECTO.	150
15.14.1	Primavera Project Planner	150
15.14.2	EZ TRAC	151
15.14.3	CONTROL DE COSTOS	152
15.14.4	MAQUETA ELECTRÓNICA (PDS)	153
15.14.5	CONTROL DE MATERIALES (MATERIAL MANAGER)	155
15.14.6	HACIA DONDE SE DIRIGEN LAS HERRAMIENTAS.	157
15.15	INTERFASES CON OTRAS DISCIPLINAS	158
15.15.1	DISCIPLINA CIVIL	158
15.15.2	DISCIPLINA ARQUITECTURA	159
15.15.3	DISCIPLINA MECANICO	160
15.15.4	DISCIPLINA ELECTRICO	162
15.15.5	DISCIPLINA TUBERIAS	163
15.15.6	DISCIPLINA SISTEMAS DE CONTROL	164
15.16	APORTACIÓN PERSONAL DE ELEMENTOS CLAVES EN PROYECTOS	166
16	COMPROBACION DE LA HIPOTESIS	167
17	MI PARTICIPACIÓN EN ESTE PROYECTO	167
18	RESULTADOS	168
19	CONCLUSIONES	169
20	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	170
21	GLOSARIO	173

1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento en nuestro país resulta ser significativo tanto a nivel industrial como de población, el cual conlleva a un incremento de servicios propios. Junto con el agua, la electricidad se ha convertido en uno de los servicios de mayor consumo a nivel nacional y mundial.

Así como los constantes cambios en el entorno económico globalizado que existen actualmente, es fundamental que las compañías de ingeniería en México desarrollen metodologías para la ejecución efectiva de proyectos de energía, considerando no sólo los riesgos técnicos, sino los económicos en que puede incurrirse y en definitiva, esto contribuirá a su permanencia y crecimiento.

En el presente trabajo se han desarrollado los principios básicos para el inicio exitoso de una planta de energía y se basa principalmente en la ingeniería básica, de detalle, la procuración y la construcción. Siendo estos los rubros que más impactan en proyectos de energía.

Estos principios son una herramienta valiosa puesto que identifica los puntos clave en cada una de las etapas del proyecto, y hace énfasis en las interfases interdisciplinarias.

Este documento presenta información básica y concreta sobre se deberá manejar los proyectos de energía, el cual describe conceptos y fundamentos.

La información referente a este trabajo deberá servir de ayuda para todas aquellas personas que participan de forma directa en las diferentes etapas de un proyecto de energía IPC; también servirá de ayuda para todas aquellas personas sin experiencia en los proyectos de energía, los cuales deberán ser capaces de comprender los conceptos básicos, la terminología y los principios necesarios para contribuir activamente en el proyecto.

Alcance:

Esta tesis tiene como propósito definir principios básicos para el inicio exitoso del proyecto IPC de una planta de energía

2 HIPÓTESIS

Utilizar una metodología para establecer en etapa temprana del proyecto, los elementos necesarios en forma detallada y completa para el desarrollo de la ingeniería, procuración y construcción de una planta de generación de energía eléctrica, y similares de otras industrias contribuye importantemente a eficientar el proceso, reduciendo retrabajos, retrasos, y optimizando el costo del proyecto.

3 OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo el especificar los principios básicos para el inicio exitoso de proyectos industriales como para una planta de energía eléctrica, desde la ingeniería básica, de detalle, la procuración y la construcción.

El propósito fundamental es definir un método de fácil utilización aplicable a cualquier tamaño de proyecto industrial, donde se pueda administrar con más efectividad, todas y cada una de las actividades e interfases de la ingeniería básica, la ingeniería de detalle, la procuración y la construcción.

4 PROYECTOS IPC

4.1.1 PROYECTOS IPC

La importancia o significado que tiene el comprender el tipo de industria a la que pertenece un proyecto que se ejecuta bajo el esquema I.P.C., es tal que si no se comprenden las necesidades particulares del proyecto, muy probablemente dicho proyecto esté destinado al fracaso. No es posible hacer una generalización de necesidades para proyectos pertenecientes a diferentes ramas.

Los proyectos se pueden clasificar basándose en la rama o tipo de industria en la que se desempeñen, pero cabe mencionar que es posible que se tengan proyectos que reúnan a varios tipos de industrias. Tal es el caso de proyectos de gran magnitud y duración, para nuestro caso veremos los proyectos de Generación de Energía.

4.1.2 PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA

Estos proyectos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de un país, ya que a partir de ellos, fuentes generadoras de empleo son creadas y el nivel de vida de la población mejora. Este tipo de proyectos, se caracterizan por que el tiempo de duración del proyecto, está sujeto al tiempo de fabricación de los equipos, ya que por lo regular se tratan de equipos especiales que son fabricados a nivel mundial por un número reducido de empresas.

Debido a la gran complejidad que existe en los proyectos de Energía, en cuanto a número de tuberías, equipos, racks, se utilizan sistemas de diseño de plantas llamado P.D.S. (Plant Design System). El P.D.S. lejos de ser un restirador electrónico, es una herramienta que además de realizar el diseño, cuenta con varias utilidades como el de cuantificar los materiales, y almacenamiento de especificaciones; ésta es una herramienta tridimensional para el diseño y construcción de plantas industriales.

El P.D.S. crea y mantiene una base de datos exacta, la cual proporciona información valiosa y actualizada para ser empleada durante la etapa de diseño. Posee un ambiente integrado que permite al usuario de disciplinas múltiples trabajar en un mismo proyecto en forma simultánea, mejorando el diseño, reduciendo errores e incrementando la productividad.

Debido a que los proyectos I.P.C. son eventos únicos, porque son realizados o ejecutados en ubicaciones remotas y distintas, en diferentes épocas, por personal y por recursos variados con diferentes clientes, compañías, etc. Implica que siempre existirá un grado de incertidumbre que se tendrá que afrontar y manejar.

Aquellas compañías u organismos que ejecutan proyectos, generalmente dividen a cada proyecto en diferentes fases o etapas, para así poder proveer programas con un mayor detalle y poder tener un mejor control. Al conjunto de todas estas fases o etapas de un proyecto que van desde su inicio hasta su terminación, se le conoce como ciclo de vida de un proyecto. Dependiendo del tipo y sector productivo al que pertenezca un proyecto I.P.C. de la cantidad por ejecutar.

Primeramente definamos que existen dos tipos de alcances:

- Alcance de Instalaciones
- Alcance de Servicios.

El primero, consiste en la parte física del proyecto, los productos finales que serán entregados y el Alcance de Servicios, viene a ser la parte referente a como se va a construir, bajo que especificaciones, bajo que normas, incluye a su vez la información que se le suministrara al cliente al finalizar el proyecto, como memorias de calculo bitácoras de construcción o las garantías que se están ofreciendo.

Siempre que una empresa presupueste un proyecto, deberá de definir de antemano con precisión y claridad, las actividades, servicios, instalaciones, garantías, que serán ejecutadas para llevar a cabo las instalaciones o servicios del proyecto. Lo anterior es de vital importancia porque si no se definen eficazmente dichos parámetros, se estará en una posición vulnerable para la cual, no se tendrá de documentación legal en momentos que se tengan diferencias entre cada una de las partes.

La elaboración de dicho alcance, deberá ser en conjunto entre las partes que forman el equipo de proyecto. Cada uno tendrá que hacer sus comentarios y observaciones, para que el escenario bajo el cual se trabajará, sea del visto bueno de todos. Es aquí donde es importante que cada parte distinga claramente el alcance del resto.

Existen algunas circunstancias que hacen que la elaboración del alcance, sea en ocasiones subestimada. Situaciones como encontrarse bajo presión para introducir un producto en el mercado, falta de capacidad de la ingeniería, percepción en retrasos e incremento en los costos, una administración demasiado optimista puede llevar a una falta de atención para el alcance que erróneamente, lejos de ayudar al proyecto lo afecta. ⁽¹⁾

5 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

5.1.1 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Diseñar una organización es el proceso de crear una estructura llamada organigrama en la cual se añaden canales o sistemas formales de comunicación, divisiones de trabajo, coordinación, control, autoridad y responsabilidades necesarias para lograr las metas que una organización plantea. Ese diseño requiere de un proceso de toma de decisiones que considere el ambiente en el que se va a trabajar esa organización, las estrategias que se van a seguir, la implantación de avances tecnológicos, entre otros.

Del buen diseño de organización que se tenga, se facilitará el flujo de información y la toma de decisiones, se establecerá de forma clara las autoridades y responsabilidades para todos los integrantes de la organización, y finalmente se creará un nivel de coordinación entre departamentos.

En el caso de proyectos, habrán de realizarse algunas modificaciones requeridas a la organización para adecuarla al medio en el que se desarrolla, todo en función del tipo de industria, complejidad del proyecto, los factores de riesgo y la tecnología, así como también los problemas culturales.

Es importante comprender que una organización se debe ajustar a su medio. No el medio tiene que ajustarse a la organización.

En un proyecto, una organización es la que determina las actividades a ser realizadas, como se van a utilizar los recursos, cuales son las descripciones de los puestos, y está directamente relacionado a la fase de planeación del proyecto. Sin importar el tamaño o naturaleza del negocio de cualquier empresa, cada proyecto debe de contar con la estructura organizacional, que es el resultado de un proceso de organización. Entre más grande sea el proyecto, más grande y compleja tendrá que ser la organización.

Una estructura organizacional es importante, por que es gracias a ella que los gerentes de proyecto pueden implantar sus planes. El reto consiste en organizar a un grupo de personas con diferentes expectativas, perfiles y especialidades dentro de una sola organización. Dentro de este proceso, las relaciones entre los involucrados en el proyecto son creadas y mantenidas al definir:

- ¿Que recursos van a ser utilizados para que actividades?
- ¿Cuándo y dónde los recursos van a ser entregados?
- ¿Cómo se van a emplear los recursos?

Una organización dedicada, ayuda a minimizar las áreas de debilidad como la ineficiencia en costos, duplicidad en trabajos o retrabajos, falta de claridad en los objetivos, entre otros.

Este proceso requiere primero de un entendimiento de las habilidades, conocimientos y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo del proyecto, la naturaleza de sus actividades, sus restricciones. Existen siete pasos en el proceso del diseño de una organización, los cuales son:

1. Revisar las metas del proyecto y desarrollar un plan conceptual. Este paso requiere definir el alcance e identificar las restricciones principales y sus requerimientos.

2. Establecer tareas para alcanzar distintas metas. Este paso, representa una liga muy importante entre la planeación y la organización. La planeación establece metas y con una organización se definen programas, estableciendo qué es lo que se tienen que hacer, por quién y con qué recursos. En otras palabras, con la organización se establecen las metas a corto plazo. Las tareas que son identificadas e incluidas en estos programas, posteriormente se convierten en responsabilidades. Este paso representa el primer nivel en la Estructura de Trabajo Desglosada o W.B.S. (Work Breakdown Structure).

3. Dividir actividades en sub-actividades. Las actividades pueden ser desglosadas utilizando el W.B.S., y posteriormente ser asignadas a grupo de personas destinadas a trabajar en ellas. Esta subdivisión, se le conoce también con el nombre de "Paquetes de Trabajo".

4. **Asignar responsabilidades específicas a individuos.** Después de identificar las habilidades y conocimientos requeridos para ejecutar ciertas tareas, se asignan personas que cumplan dichos requerimientos. En caso de que el personal a disposición no los cumpla adecuadamente, la capacitación y la obtención de asesoramiento serán necesarias.
5. **Proveer de recursos necesarios.** Con el propósito de que los integrantes del equipo de proyecto cumplan sus objetivos, el Gerente de Proyecto deberá de asegurarse que cada integrante posea el nivel suficiente de autoridad, recursos, tiempo, dinero, materiales y asistencia de otros para cumplir con sus requerimientos particulares.
6. **Diseñar las relaciones adecuadas en la organización.** Involucra diseñar una jerarquía organizacional para facilitar la ejecución de actividades al proveer un arreglo en las autoridades y en las responsabilidades para asegurarse de la terminación de las distintas tareas.
7. **Evaluar los resultados de las estrategias organizacionales.** Involucra agrupar retroalimentación acerca del desempeño de la implantación de estrategias utilizadas en la organización.

Crear una organización para un proyecto, significa crear un componente vital en el éxito administrativo del proyecto. Una estructura organizacional representa los parámetros de relaciones, responsabilidades y autoridad dentro del proyecto. Su propósito consiste en facilitar el uso de los recursos de una organización, que puede ser personal, información, recursos monetarios, de una forma individual y colectivamente. Las estructuras organizacionales en los proyectos pueden tomar distintas formas dependiendo del tipo de autoridad que quiera ejercer el Gerente de Proyecto, pero en general deben de ser diseñadas o modificadas para que estén de acuerdo con los requerimientos del proyecto y de esta forma, se puede reducir la incertidumbre del proyecto. Con respecto a los tipos de autoridad, se tiene la autoridad en línea, autoridad de personal y la autoridad funcional.

LA AUTORIDAD EN LÍNEA

Consiste en dar órdenes y en realizar tomas de decisiones referentes a distintos aspectos del proyecto, reflejando así la necesidad de la existencia de relaciones administrativas en altos mandos del proyecto.

LA AUTORIDAD DE PERSONAL

Consiste en asistir y aconsejar al personal del proyecto sobre sus responsabilidades, esto es, a diferencia de la autoridad en línea, que cuando se da una orden se tiene que cumplir y no da lugar a comentarios y sugerencias, en la autoridad de personal se crea una especie de consenso, teniendo una lluvia de ideas para así hacer partícipes a un número mayor de personas tomando así una mejor decisión.

LA AUTORIDAD FUNCIONAL

Está diseñada para ser utilizada dentro de proyectos a gran escala, ya que sólo aplica para ciertos sectores o, ciertas disciplinas dentro de un proyecto. Dentro de este tipo de autoridad, a diferencia de los dos anteriores; se requiere de conocimientos y de experiencia que sean afines al departamento o Gerencia funcional de que se trate. Esto es, que si se está hablando de un Departamento de Ingeniería, la persona que esté dando órdenes debe de tener amplios conocimientos de esta área.

La estructura organizacional de un proyecto esta altamente influenciada por el tamaño, la complejidad y diversidad de personas que conforman un proyecto es por eso que cualquier organización en un proyecto debe de ser flexible al momento de operar.⁽²⁾

5.1.2 CONTROL DE PROYECTOS

Actualmente de los retos más cruciales en proyectos de Ingeniería, Procuración y Construcción, está en contar con un manejo efectivo en la prevención de incrementos en los costos presupuestados y en retrasos en los programas de ejecución. El elevado número de involucrados en los proyectos (propietarios, gerentes de ingeniería y de construcción, subcontratistas, entre otros), las complejidades asociadas al proyecto mismo, la presión en los tiempos de ejecución, los requerimientos por parte de distintos organismos regulatorios y legislativos, las escalaciones en los costos de los materiales y en la mano de obra y la incertidumbre producida por estos y otros aspectos, han hecho del manejo de los proyectos un quehacer complejo y difícil.

Se requiere de un departamento que vigile las cantidades de los diferentes recursos en un proyecto, en costo y en tiempo. Tal departamento se llamará "Control de Proyectos".

La planeación y el control de esos recursos, son logrados con un sistema de control de costos y éste debe de encontrarse ligado con los programas de ejecución. Todos los recursos, sin importar si son de personal, material, equipo, suministros o servicios, son cuantificables en cantidad y por lo tanto, en precio. Durante la etapa de planeación de un proyecto, los presupuestos deben de ser desarrollados y establecidos para que se les tenga un seguimiento, pudiendo medir así los gastos contra lo planeado y consecuentemente obtener índices de desempeño.

El tiempo y el avance son monitoreados a través de programas. Durante la etapa de planeación, las actividades de desarrollo de Ingeniería son programadas de tal manera que cumplan con los requerimientos del proyecto y se establece un sistema para medir el avance. Durante la etapa de control, se deben de emitir reportes en los que se muestren el desempeño con base a lo programado para poder tomar medidas correctivas.

Los beneficios obtenidos por implantar un efectivo control en proyectos son varios y muy valiosos. Por sólo mencionar algunos se tienen:

- La identificación temprana de áreas problemáticas y tendencias desfavorables para su oportuna corrección.
- Permite al Gerente de Proyecto y a otros participantes, mantener la supervisión en los trabajos.
- La documentación del plan de ejecución del proyecto, así como su desempeño actual.
- Alimenta información a las bases históricas de tal forma que los trabajos futuros tengan parámetros de comparación.

La misión de Control de Proyectos, es ser "los ojos y los oídos" de la Gerencia del proyecto a todos sus niveles y el origen de la información sobre el "estatus verdadero" del proyecto. También sirve como centro de información para el personal que trabaja para el proyecto, pero de manera especial para el Gerente de Proyecto. Por ningún motivo, este departamento debe de ser considerado descentralizado entre las disciplinas del proyecto, ya que debe de ser reconocido como parte integral del proyecto y no como una agencia de policía que busque los responsables por mal manejo del proyecto. Es así, que Control de Proyectos nace como el Departamento encargado de integrar la información de distintos departamentos que forman el equipo de proyecto, como lo son Ingeniería, Procuración, Construcción, Nómina, etc., y así monitorear la eficiencia con la que se está desarrollando un proyecto para que en caso de detectar diferencias conforme a los parámetros del proyecto, o documentos base, proponer medidas de corrección...⁽¹⁰⁾

Dentro de las responsabilidades de Control de Proyectos, que se verán a detalle a continuación, se tienen las siguientes:

- A. Definir el W.B.S. a seguir.
- B. Establecer un Presupuesto para el proyecto, conforme al alcance.
- C. Realizar la Planeación y Programación.
- D. Realizar Análisis de Costos.
- E. Monitorear las Ordenes de Cambio.
- F. Supervisar las interfases entre las disciplinas.

5.1.3 WBS (WORK BREAKDOWN STRUCTURE)

El éxito en todo el proceso de planeación y control, depende de que la o las personas encargadas de la planeación definan apropiadamente el alcance de trabajo y lo desglosen, agrupen y organicen de una manera que sea lógica, útil y fácil de entender.

La estructura de trabajo desglosada o W.B.S; provee de las herramientas necesarias para alcanzar dichos objetivos, ver figura (1).

El W.B.S. puede ser definido como una estructura jerárquica que está diseñada para subdividir lógicamente un proyecto en todos sus elementos hasta llegar a paquetes de trabajo, representándolo en una forma gráfica similar a un organigrama. Un organigrama también puede ser llamado como una estructura organizacional desglosada u "Organization Breakdown Structure" (O.B.S). Todo el Alcance de Trabajo del proyecto está localizado en la parte superior del diagrama y de ahí se va subdividiendo de manera uniforme en elementos más pequeños en cada nivel. Los elementos que se encuentran principalmente en la parte inferior del diagrama se denominan "paquetes de trabajo".

El W.B.S. se considera como una herramienta necesaria para definir el alcance de trabajo y para poder establecer y darle un seguimiento al Método de Ruta Crítica en la programación y la razón de lo anterior, es que el W.B.S. ayuda a establecer un orden y facilita el acceso de información ofreciendo la posibilidad de ofrecer filtros y arreglos de distintos tipos de información. Al momento de diseñar el W.B.S., se requiere tener un balance que pueda satisfacer tanto las distintas necesidades del proyecto como de cada disciplina. (8)

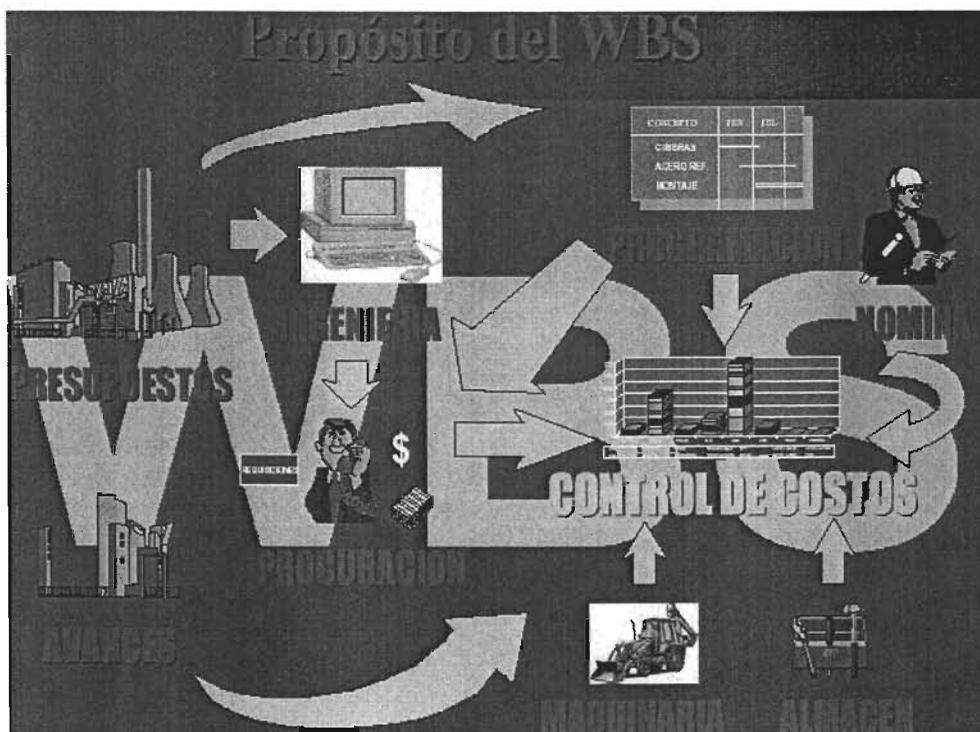


Figura (1).- Work BreakDown Structure

5.1.6 DESCRIPCIÓN DEL W.B.S.

Todos los elementos que integran al W.B.S. deben ser de fácil identificación y su descripción que por breve que sea, debe ser lo suficientemente clara para transmitir la información que se pretende. Al momento de utilizar aplicaciones en "software" que involucren al W.B.S., como podría ser el Primavera Project Planner, estas descripciones pueden ser ampliadas gracias a las posibilidades, que maneja éste y otros programas, de añadir comentarios a una clasificación siempre respetando los espacios disponibles y la resolución al momento de realizar las impresiones.

5.1.7 NIVEL DE DETALLE DEL W.B.S.

Como guía para un apropiado nivel de detalle, sería tener siempre presente que cada paquete de trabajo, sea lo suficientemente pequeño para poder ser considerado como un elemento independiente, desde un punto de vista de realización de estimados. Cada paquete de trabajo, puede ser subdividido posteriormente, si se requiere, para pertenecer en conjunto a un listado de actividades o tareas. Estas actividades pueden posteriormente ser ligadas entre sí, en una secuencia lógica para generar un programa.

La planeación en tiempo y el control, usualmente requieren de un mayor detalle que un centro de costos. Para satisfacer dicho requerimiento, se requiere que el proyecto comprenda un número mayor de actividades.

Por lo tanto, del grado de control que se quiera tener, se tendrán varios niveles de detalle para los elementos de trabajo a cada nivel, y cada elemento de trabajo deberá ser consistente con el resto a su mismo nivel. (7)

Hasta ahora, se ha mostrado el W.B.S. en su formato gráfico, pero conviene mencionar que para proyectos complejos y extensos, este tipo de presentación no será adecuado por el nivel de detalle que se necesita. En esos casos, algunas compañías han optado por presentar a su W.B.S. en forma de catálogo donde cada cuenta es dividida en subcuentas. No hace falta dejar claro que si no se tiene un elevado nivel de categorías, conceptos y paquetes de trabajo, bastará sólo con la representación gráfica, ver figura (3).

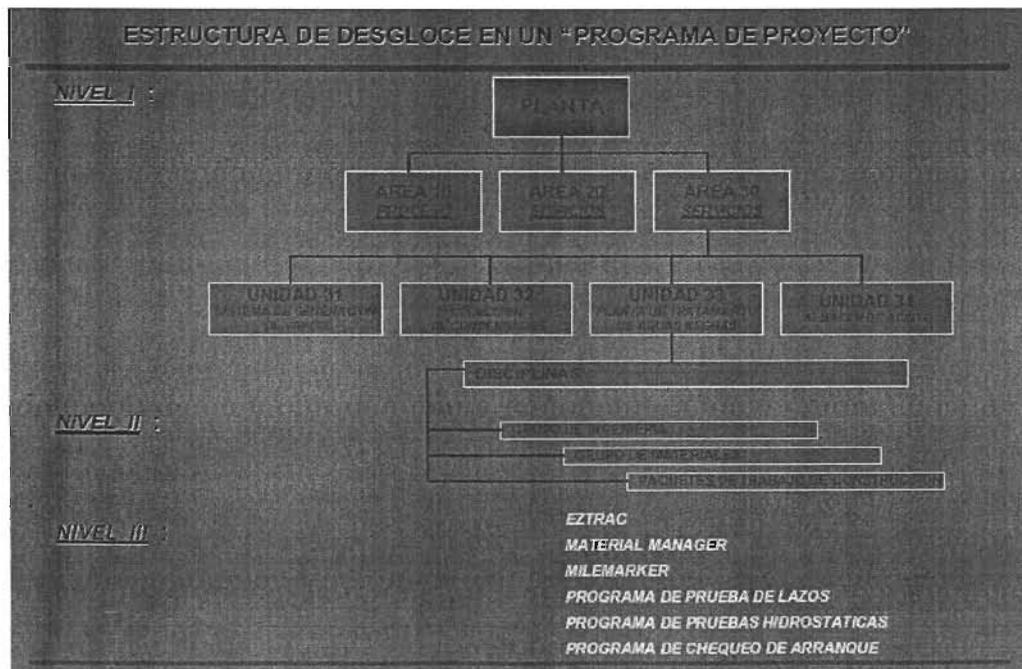


Figura (3).- Nivel de detalle del WBS

6 PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Define los métodos y los elementos de la gerencia de proyectos empleados por la firma de ingeniería y construcción para la ejecución del proyecto, además establece la filosofía de ejecución y define la organización, procesos de trabajo y sistemas necesarios para la gerencia del proyecto.

Con esta información se asegura que el proyecto se complete a tiempo y de manera eficiente para asegurar la satisfacción de los requerimientos del cliente establecidos en el contrato

6.1 PLAN DE EJECUCIÓN DE INGENIERIA

General:

- a) **Bases de diseño y alcance del trabajo:** Se encuentran definidas como parte del contrato y se identifican las áreas que componen el total de obras del proyecto.
- b) **Fase de licencias:** Se obtendrá la licencia de construcción considerando todas la áreas de trabajo en un solo trámite.
- c) **Fase de permisos:** En esta fase se engloban las actividades encaminadas a la gestión y seguimiento de los permisos aplicables a la instalación permanente bajo legislación local y federal vigentes a la firma del contrato, se incluyen la obtención de permisos requeridos por normatividad durante la construcción.
- d) **Fase de Ingeniería Básica:** Se menciona como se entregará la ingeniería básica de acuerdo a las bases de diseño establecidas en el contrato.
- e) **Fase de Ingeniería de Detalle:** Se hace notar que se desarrollará de conformidad a las especificaciones y bases de diseño, de acuerdo a lo que marca los estándares de la industria.

6.1.1 PLAN DE EJECUCIÓN DE ARQUITECTURA

La ejecución de la disciplina de arquitectura estará conforme a las bases de diseño y especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato, teniendo como actividades generales:

Definición de requerimientos básicos, plasmados en los planos de ingeniería básica revisados y aprobados por el cliente.

- Juntas de coordinación interna del proyecto.
- Juntas de coordinación con el cliente.
- Desarrollo de documentos de diseño (Planos arquitectónicos, planos de instalaciones y planos generales).
- Elaboración de modelos tridimensionales de los edificios y su inclusión en la maqueta electrónica general.
- Chequeo cruzado.
- Administración, programación.
- Revisión de documentos con el cliente.

De manera general los entregables de la especialidad de arquitectura que se consideran para la ingeniería de detalle son:

- Planos arquitectónicos y de acabados de los edificios incluidos en el alcance.
- Planos de instalaciones.
- Actividades de requisición de materiales.

6.1.2 PLAN DE EJECUCION DE CIVIL / ESTRUCTURAL

La ejecución de la disciplina de ingeniería civil / estructural estará conforme a las bases de diseño y especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato, teniendo como actividades generales:

- Definición de requerimientos básicos.
- Juntas de coordinación interna del proyecto.
- Juntas de coordinación con el cliente.
- Desarrollo de documentos de diseño.
- Chequeo cruzado.
- Administración, programación.
- Revisión de documentos con el cliente.

De manera general los entregables de la especialidad de ingeniería civil / estructural que se consideran para la ingeniería de detalle son:

- Planos topográficos y de explotación.
- Planos de plataforma de operación y soportes.
- Demoliciones .
- Terracerías.
- Planos de drenaje.
- Planos de pavimentos.
- Planos de cimentaciones.
- Planos de estructuras de concreto.
- Planos estructurales de acero.
- Planos de edificios.
- Planos de racks y puentes.

6.1.3 PLAN DE EJECUCIÓN DE MECÁNICA Y HVAC

La ejecución de la disciplina de ingeniería mecánica y aire acondicionado estará conforme a las bases de diseño y especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato, teniendo como actividades generales:

- Definición de requerimientos básicos.
- Juntas de coordinación interna del proyecto.
- Juntas de coordinación con el cliente.
- Desarrollo de documentos de diseño.
- Chequeo cruzado.
- Administración, programación.
- Revisión de documentos con el cliente.
- Actividades de requisición de equipo y materiales.
- Revisión de planos de proveedores y activación del flujo de información
- Apoyo para la aprobación de documentos y equipos por unidad verificadora.

De manera general los entregables de la especialidad de ingeniería mecánica y aire acondicionado que se consideran para la Ingeniería de detalle son:

- Hoja de datos de equipos y HVAC.
- Planos de recipientes y HVAC.
- Planos de plataformas y escaleras.
- Manuales de equipo.
- Memorias de cálculo de recipientes y HVAC.

6.1.4 PLAN DE EJECUCIÓN DE TUBERIAS

La ejecución de la disciplina de ingeniería tuberías estará conforme a las bases de diseño y especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato, teniendo como actividades generales:

- Definición de requerimientos básicos.
- Juntas de coordinación Interna del proyecto.
- Juntas de coordinación con el cliente.
- Desarrollo de documentos de diseño.
- Chequeo cruzado.
- Administración, programación.
- Evaluaciones técnicas de materiales y componentes.
- Actividades de requisiciones de materiales.
- Desarrollo de modelo electrónico en 3D.
- Desarrollo de memorias de cálculo y análisis de esfuerzos de sistemas críticos de tuberías.
- Revisión de documentos con el cliente.
- Revisión y elaboración de documentos de ingeniería básica.
- Revisión y elaboración de arreglos generales.
- Revisión de modelo electrónico

De manera general los entregables de la especialidad de ingeniería de tuberías que se consideran para la ingeniería de detalle son:

- Lista de interconexiones.
- Arreglo general de equipos.
- Índice de líneas.
- Isométricos de tuberías.
- Planos de sistemas aéreos.
- Planos de sistemas subterráneos.
- Dibujos isométricos por circuito de tuberías

6.1.5 PLAN DE EJECUCIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

La ejecución de la disciplina de ingeniería eléctrica estará conforme a las bases de diseño y especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato, teniendo como actividades generales:

- Definición de requerimientos básicos.
- Juntas de coordinación interna del proyecto.
- Juntas de coordinación con el cliente.
- Desarrollo de documentos de diseño.
- Chequeo cruzado.
- Administración, programación.
- Revisión de documentos con el cliente.
- Apoyo para la aprobación de documentos por la unidad verificadora.

De manera general los entregables de la especialidad de ingeniería eléctrica que se considerarán para la ingeniería de detalle son:

- Planos de clasificación de áreas.
- Diagramas unifilares, elementales y de interconexión.
- Planos de fuerza y control.
- Planos de alumbrado y contactos.
- Modelo de instalaciones.
- Sistemas de tierras y pararrayos.
- Hojas de datos de equipo eléctrico.
- Información de proveedores.
- Actividades de requisición de equipo y materiales.
- Coordinación con subcontratos que involucren diseño.

6.1.6 PLAN DE EJECUCIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL:

La ejecución de la disciplina de ingeniería de sistemas de control estará conforme a las bases de diseño y especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato, teniendo como actividades generales:

- Definición de requerimientos básicos.
- Juntas de coordinación interna del proyecto.
- Juntas de coordinación con el cliente.
- Desarrollo de documentos de diseño de ingeniería de detalle.
- Chequeo cruzado.
- Administración, programación.
- Revisión de documentos con el cliente.
- Revisión y elaboración de documentos de ingeniería básica.
- Coordinación de subcontratistas y proveedores que involucren diseño.
- Revisión de información de proveedores y activación del flujo de la misma.
- Actividades de requisición de sistemas, instrumentos y materiales para la instalación de instrumentos.

De manera general los entregables de la especialidad de ingeniería de sistemas de control que se consideran para la ingeniería de detalle son:

- Planos de canalización de instrumentos.
- Típicos de instalación.
- Diagramas de interconexión.
- Diagramas de lazo.
- Diagramas lógicos.
- Índice de instrumentos.
- Hojas de datos de instrumentos y procuración correspondiente de OBL.
- Especificación y bases de datos para SCD, SIS, SCI, elaboración de gráficos dinámicos.
- Plano de rutas y señales.
- Plano de arreglo de equipo en cuarto de control.

6.1.7 PLAN DE EJECUCIÓN DE PROCESO

La ejecución de la disciplina de ingeniería de proceso será conforme a las bases y criterios de diseño, especificaciones, normas y estándares incluidos en el contrato:

- Diagramas de flujo de proceso.
- Diagramas de tubería e instrumentación.
- Hojas de datos de equipos.
- Lista de equipo.
- Lista de motores.
- Lista de líneas.
- Revisión de información de proveedores.
- Chequeo cruzado con otras disciplinas.
- Estudio de HAZOP.
- Revisiones del modelo electrónico.
- Capacitación de operadores y personal técnico de la planta
- Elaboración de los manuales de operación de la planta.
- Especificaciones sistema contra incendio.
- Emisión del "As-Built" de los DTI's.

Los entregables que se consideran para la ingeniería de detalle del proyecto son los siguientes:

- Diagramas de flujo de proceso.
- Diagramas de tuberías e instrumentación.
- Hojas de datos.
- Listas de equipo.
- Reportes de análisis HAZOP.
- Memorias de cálculo.
- Manual de operación y mantenimiento.

6.2 PLAN DE EJECUCIÓN DE PROCURACIÓN

El proceso de procuración de materiales para el proyecto se inicia con la planeación temprana. La ejecución será con base en los procedimientos referenciados en los planes de las actividades del plan de calidad y medio ambiente del proyecto.

El superintendente de procuración del proyecto es responsable de todos los aspectos de la procuración del equipo de la administración de materiales del proyecto. Iniciando con el control de materiales de ingeniería y concluyendo con el cierre final de las órdenes de compra en sitio.

6.2.1 REQUISICIONES Y COMPRAS

El superintendente de procuración iniciará el proceso de requisición y compras de equipo trabajando con ingeniería y otros miembros de equipo del proyecto.

6.2.2 EXPEDITACIÓN

Procuración de materiales del proyecto establecerá una función de expeditación en las primeras etapas de la ingeniería de detalle, para asegurar que se ejecute un plan y proceso de expeditación definitivo.

6.2.3 INSPECCIÓN EN TALLER

Se desarrollará un plan y un programa de inspección escrito para cada orden de equipo y cada subcontrato de fabricación basado en las clasificaciones de criticidad individuales desarrolladas conjuntamente por ingeniería e inspección.

El coordinador de inspección trabajará de cerca con compras, para asegurar que el equipo y materiales sean de la calidad requerida y se entreguen y embarquen oportunamente, para cumplir con los requerimientos del programa del proyecto.

6.2.4 LOGISTICA

Nuestro plan de logistica para este proyecto incluye el desarrollo de una guía de rutas general del proyecto, y un plan de tráfico para embarques nacionales e internacionales.

6.2.5 CONTROL DE MATERIALES EN CAMPO

Planeación de materiales también asegurará que los artículos críticos tales como los materiales de interconexión y otros de categoría crítica se preserven, empaquen y etiqueten para ser despachados a construcción como se necesiten.

6.2.6 COMPRAS EN CAMPO

- Se establecerá una operación de compras en campo en el sitio.
- Compras en campo tendrá la responsabilidad de comprar los materiales pétreos, los consumibles del campo, los insumos de oficina, el equipo de seguridad y otros requerimientos del campo.
- Se usará el sistema material manager para producir los documentos requeridos para todas las compras del campo.

6.3 PLAN DE EJECUCIÓN DE CONSTRUCCIÓN

Las bases técnicas y el alcance general por especialidad del proyecto, están definidos en el contrato debiendo cumplir con lo siguiente:

- Asegurar que los requerimientos del cliente, especificados en el contrato, sean incorporados en los procedimientos de construcción del proyecto.
- Mantener los estándares éticos.
- Cumplir con los requerimientos de calidad, seguridad y cumplimiento del programa del proyecto acordado con el cliente.
- Planear la construcción.

6.3.1 INTERRELACIÓN CON INGENIERÍA Y CONTROL DE CALIDAD

El gerente de sitio revisará los programas, los planos de ingeniería y las actividades de construcción para detectar posibles mejoras, la constructabilidad, e iniciarán la preparación de los documentos requeridos para tal efecto e informar al gerente del proyecto.

Los procedimientos de control de calidad estarán establecidos en el plan de calidad y medio ambiente del proyecto.

6.3.2 SUBCONTRATOS

Durante el desarrollo de las actividades de construcción, se definirán cuales actividades serán subcontratadas.

Construcción revisará las propuestas técnicas para todos los subcontratos de construcción.

6.3.3 MATERIALES EN LA CONSTRUCCION

Se inspeccionarán y probarán todos los materiales y las obras durante su fabricación y ensamble, a la llegada al sitio y durante su construcción y erección.

Se elaborará un programa especificando el tiempo y lugar para la inspección y prueba de los materiales y las obras.

Se tendrá especial cuidado en el almacenamiento y consumo de los materiales que requieren almacenamiento y condiciones especiales, como son el caso de los gases, pinturas y soldaduras.⁽¹⁵⁾

7 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLAVES DE LA INGENIERIA BASICA

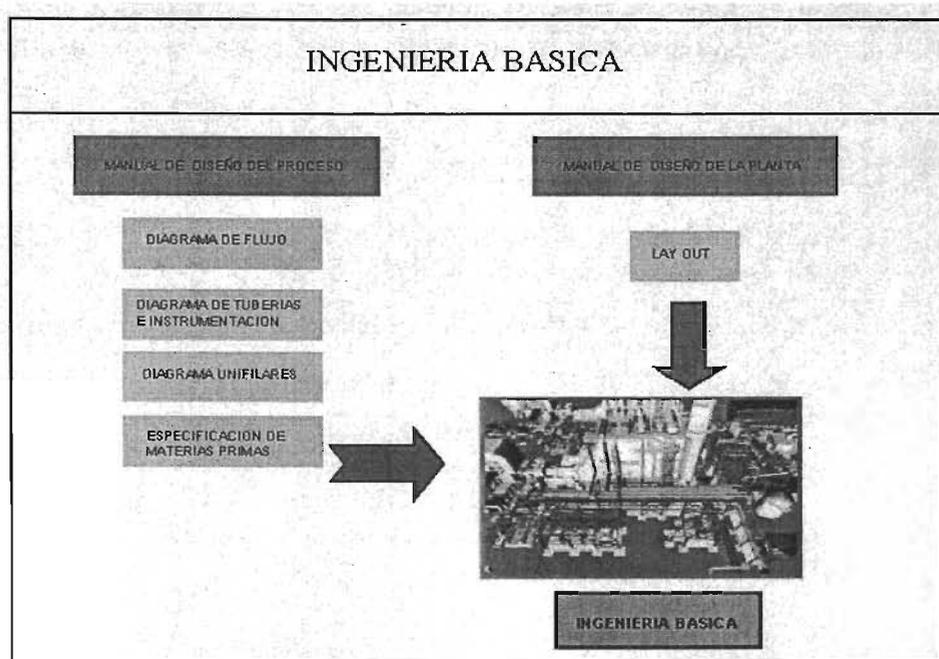


Figura (4).- Elementos claves de la ingeniería básica

Es un conjunto de documentos que constituyen principalmente, el que permita llevar a cabo el diseño del proceso dado, que sea seguro y confiable, ver figura (4).

7.1.1 BASE DE DISEÑO DEL PROYECTO

Este documento establece los requerimientos del cliente, criterios e información para las instalaciones y servicios incluidos en el alcance del proyecto para todas las disciplinas. Incluye practicas de diseño reconocidas, regulaciones gubernamentales, códigos, estándares, prácticas industriales, y/o estándares específicos del cliente. ⁽²⁰⁾

7.1.2 BASE DE DISEÑO DEL PROCESO

Este documento detalla los requerimientos para el diseño de cada unidad del proceso establecidos en las bases de diseño del proyecto. Las bases del proceso listan los datos y metodología de ingeniería que serán utilizados como base del diseño del proceso. Contiene valores de diseño significativos tales como: capacidad de producción, propiedades químicas y físicas, velocidad de reacción, presiones y temperatura de diseño y operación de puntos de interconexión, regulaciones y códigos tales como, NFPA (Nacional FIRE Protection Association) API (American Petroleum Institute), etc.

7.1.3 BASE DE DISEÑO DE SERVICIOS AUXILIARES

Este documento detalla todos los servicios requeridos, especificando; consumos, fuentes y requerimientos de almacenamiento, si es un servicio nuevo o bien una modificación y ampliación a un sistema existente. Los consumos de los servicios deberán ser tabulados, conteniendo un sumario de las propiedades físicas y químicas de cada servicio diferenciándose esas propiedades en la generación, distribución (suministros y retornos) y puntos de uso, poniendo especial atención en la presión y temperatura de operación en donde las distancias son apreciables, como en complejos.

7.1.4 SERVICIOS

Fluido y/o fuente de energía que se interrelaciona con el proceso. No forma parte de la formulación de productos. Estos pueden ser: vapor, agua, combustible, aire, gases inertes, refrigeración, electricidad, drenajes, sistema de colección de gas, quemadores e incineradores, tratamiento de efluentes, y sistemas de protección contra incendio.

7.1.5 BASES DE DISEÑO DE PROCESO

La preparación de las bases de diseño de proceso sigue una cuidadosa evaluación de los requerimientos del cliente, tecnología e información técnica existentes. Cada cliente tiene sus propios requerimientos de diseño por lo que el ingeniero de proceso debe trabajar cercanamente a él y al personal involucrado en el proyecto para asegurar la concreta operación de las bases de diseño de proceso.

Información de diseño general:

- a) Capacidad de la planta.
 - Todos los productos y subproductos
 - Materia prima, condiciones normales y anormales
 - Capacidad de diseño
 - Modos de operación
 - Capacidad normal y capacidades de otros modos de operación
- b) Filosofía de operación
 - Números de sistemas y líneas de operación
 - Modulacion de los equipos mas importantes del proceso (por ejemplo 3 equipos al 40% capacidad de planta, 2 al 80%, etc.).
 - Horas de operación / anuales.
 - Periodos de paro programado
 - Flexibilidad de la planta
 - Diferentes modos de operación, ampliaciones
- c) Localización del sitio
 - Identificación de la localización del sitio en un mapa del área y las condiciones climatológicas del lugar de ser posible.
 - Límite de baterías (indicando líneas que serán responsabilidad el Proyecto).
- d) Fuente de la tecnología de proceso

- Cliente
 - Tecnólogo o licenciador
 - Consultor
- e) Materias Primas
- Identificación
 - Calidad y pureza. (Base seca y/o base húmeda)
 - Formas de recepción de paquetes (cajas, tambores, bolsas, costales, otros, tamaño y peso).
 - Métodos de Recepción (Camión , trailer, tubería, ducto, ferrocarril, góndolas, tolvas, volteadores de camión, volteadores de FFCC, etc.)
 - Requerimientos y filosofía de almacenamiento
 - Consideraciones especiales (manejo especial y riesgos)
 - Condiciones en el límite de baterías para vapores y líquidos.
- f) Productos y subproductos
- Identificación
 - Calidad y grados de pureza
 - Propiedades físicas
 - Embarque (cajas, tambores, bolsas, costales, otros; tamaño y peso)
 - Método de embarque (camión, trailer, tubería, ducto.)
 - Filosofía y requerimientos de almacenamiento
 - Consideraciones especiales (manejo especial y riesgo)
 - Condiciones en el límite de baterías para vapores y líquidos.
- g) Filosofía de control
- Grado de automatización (definir donde y cuales serán las interfases operador-proceso).
 - Controles eléctricos y/o neumáticos.
 - Estaciones de arranque y paro de motores eléctricos
 - Filosofía de operación de motores y/o interlocks.
- h) Requerimientos e impactos ambientales .
- Especificar junto con la disciplina ambiental los límites permisibles de acuerdo con la normalidad ambiental (para todo tipo de corriente que interrelacione con el medio ambiente, ya sea líquida, sólida vapores y gases , así como ruido, radiación y cualquier forma de energía).
 - Especificar forma de disposición final de los residuos.
- i) Criterio de flexibilidad de operación.
- Paro por fallas de servicios (definir cual será la condición de planta en ausencia o falla de suministro de aire de instrumentos y planta, vapor de todas sus calidades, energía eléctrica, agua de enfriamiento).
 - Variaciones de capacidad (definir los rangos aceptables de operación atendiendo a posibles variaciones en el flujo y calidad de suministro de materias primas, reactivos, etc.).
 - Capacidad mínima de operación. Relación de paro. (lo anterior es especialmente importante en la operación de equipos rotatorios como bombas, compresores, para la capacidad mínima de hornos y calentadores a fuego directo y el rango de medición de todos los elementos primarios de medición, etc.).
- j) Equipo de relevo
- Definir cuantos equipos de relevo serán y cuantos de operación
 - Estandarización de equipos para minimizar partes de repuesto.

- k) Filosofía de Arranque y de Paro
 - Paro programado.
 - Paro de emergencia. (definir la forma mas conveniente de parar la planta de manera segura , posiblemente minimizando la cantidad de desfuegos, etc.).
 - Cambio de tipo de producto. Definir los modos de operación que deberán ser incluidos en el diseño atendiendo a cambio de materias primas , cambio en los reactivos y catalizadores, modificación de porcentajes de recuperación.

- l) Criterios de expansión de las instalaciones
 - Aumento de capacidad secuencial (expansión por fases).
 - Expansión por módulos.
 - Áreas del proyecto a ser diseñadas por la capacidad futura.
 - Prevenciones en las instalaciones para aumento de capacidad.

- m) Propiedades físicas y químicas.
 - incluye datos de las propiedades físicas, químicas y termodinámicas de las materias primas, productos y subproductos.
 - Una lista de las propiedades físicas, riesgos de seguridad y salud especificadas para cada compuesto la cual deberá ser el conocimiento de todos los ingenieros de proceso y de los que participan en el proyecto.

- n) Reacciones.
 - Cinética y rendimientos.
 - Velocidad de reacción . (velocidad de reacción normal y de reacción fuera de control, para especificar tamaños de discos de ruptura , válvulas de seguridad, etc.)
 - Orden de la reacción.
 - Requerimientos de catalizador. (especificaciones de catalizadores, soportes de catalizador, mallas moleculares , alumina activada, sílica, etc.)
 - Presión y temperatura de reacción.

- o) Rendimientos esperados a lo largo del proceso.

- p) Requerimientos de almacenamiento de productos intermedios.

- q) Riesgos a la salud.
 - Hojas de datos de seguridad de los materiales

- r) Seguridad
 - Lo concerniente a las explosiones.
 - Alta temperatura y presión de operación .
 - Áreas de clasificación eléctrica .
 - Reacciones que liberan gran cantidad de energía.
 - Todo lo relacionado con la toxicidad, corrosión , reactividad, explosividad, inflamabilidad y características biológicas de materiales.

7.1.6 BASES DE DISEÑO DE SERVICIOS AUXILIARES

La preparación de este documento es a través de la revisión de los sistemas de proceso que aseguran que todos los requerimientos de servicio han sido identificados. Se recomienda que la siguiente información se incluya en las bases de diseño de servicio.

- a) Lista de todos los servicios auxiliares requeridos para el proceso. Esta incluye los distintos tipos de agua, combustible, vapor, refrigerantes, sistemas de desfogue, sistema eléctrico, sistemas de calentamiento con aceite térmico, sistemas de inertización, sistemas cerrados de drenaje, etc.
- b) Sumario de servicios, incluyendo el principal uso, propósito, y la fuente o método de generación. Indicando si la fuente de servicio existe o será una instalación nueva. Si es un servicio existente se debe incluir la capacidad actual y las cargas utilizadas.
- c) Operación y parámetros de diseño para cada sistema. Por ejemplo: temperatura, presión, calidad, valores de calor, composición y limitaciones de descarga. Temperatura y presiones de operación en la fuente, distribución, equipo usuario, y retorno.
- d) Capacidad o carga adicional para un sistema existente.
- e) Los criterios de diseño de sistema como pueden ser paros, factores de capacidad, caída de presión, contingencias de emergencia y procedimientos de operación especial.
- f) Identificar los requerimientos de capacidad futura. Esto incluirá reservar un espacio para el equipo de acuerdo al área que ocupe para el aumento de capacidad, también definir si los cabezales de distribución de servicios deberán incluir prevención para ampliaciones de capacidades futuras.

Para asegurar que las bases de diseño se encuentren completas y sean precisas, el Ingeniero de proceso identificará las áreas que se afectarían en la precisión de los cálculos de proceso y de diseño con la información preliminar, deberá revisar, por disciplina, las omisiones y/o incongruencias para asegurar así que la información requerida esta incluida en sus bases de diseño.

Las áreas típicas que se deberán revisar son las siguientes:

- a) los contenidos de las bases de diseño del proyecto y de proceso contra las bases de diseño de servicios.
- b) Filosofía de control.
- c) Requerimientos de instrumentación y sistemas de control.
- d) Requerimientos especiales de distribución.
- e) Clasificación eléctrica.

7.1.7 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño forman parte de estas bases de diseño o pueden ser un documento aparte.

Los siguientes puntos deben considerarse para el establecimiento de los criterios de diseño:

Información del cliente, requerimientos específicos del proyecto y las necesidades de cada disciplina.

El ingeniero de proceso elabora los criterios del diseño. El supervisor de proceso y el cliente deberán ser consultados para aclarar cualquier punto específico.

El supervisor revisa los criterios del diseño con el responsable de la gerencia para obtener su aprobación.

Una vez aprobados es responsabilidad del Supervisor revisar periódicamente el documento para reflejar cambios o complementar información.

7.1.8 DATOS Y CONDICIONES DE SITIO

- a) Temperaturas de diseño máximo, promedio mínimo (en verano e invierno) y temperaturas extremas.
- b) Temperaturas de diseño de bulbo húmedo y seco de verano o invierno.
- c) Velocidad y dirección de vientos dominantes y vientos reinantes.
- d) Altura sobre nivel medio del mar.
- e) Presión barométrica promedio.
- f) Datos de precipitación como un total de lluvias por año y lluvias máximas por periodos de 30 minutos, 1 hora y 24 horas.
- g) Nevadas donde apliquen.
- h) Zona sísmica.
- i) Requerimientos específicos de sitio como pueden ser ambiente de polvo y salinidad, rocío, hierba, etc. O la localización de la planta en una instalación existente.

7.1.9 CODIGOS Y ESTANDARES

Se deberá seleccionar de referencia enlistados los códigos y estándares que pueden ser aplicables.

7.1.10 UNIDADES

Las unidades básicas de medida son establecidas y se incluirá una tabla de factores conversión para minimizar el número de términos y factores utilizados.

7.1.11 NOMBRE Y NÚMERO DEL EQUIPO

Identificar y especificar la nomenclatura que se utilizará.

7.1.12 NÚMERO DE DIAGRAMA

Identificar y especificar la nomenclatura que se utilizará.

7.1.13 FLEXIBILIDAD Y EXPANSIÓN

- Relación de tiempos muertos.
- Factores de sobrediseño de equipo y tubería.
- Filosofías del diseño de equipo específico (por ejemplo, sobrediseño de bombas, reactores, calentadores y compresores, modulación de equipos).
- Lista secuencial de los incrementos de la capacidad de la planta.
- Áreas de proyecto que serán diseñadas con una capacidad futura.
- Filosofía de equipo repuesto.
- Requerimientos especiales para arranque y paro.

7.1.14 CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD

En algunos proyectos los requerimientos de seguridad y consideraciones particulares se pueden visualizar muy fácilmente, ya que se conocen las sustancias peligrosas y las áreas existentes. La identificación de estas áreas y como diseñarlas será incluida en el criterio de diseño de proceso.^(B)

- a) identificar áreas donde existe un peligro de explosión potencial. Esto incluye presión alta/operaciones con alta temperatura, el uso de componentes inestables, mezclas de aire explosivo, y la mezcla de componentes incompatibles.
- b) Criterios para la selección de áreas peligrosas y clasificación eléctrica.
- c) Identificar reacciones de alta energía.
- d) Cuando una sustancia tóxica es utilizada se requieren procedimientos especiales para el diseño de equipo y tubería.
- e) Datos de contenido biológico para materiales peligrosos.

7.1.15 AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO TERMICO

Este criterio implica la protección del personal, conservación de la energía, estabilidad y seguridad del proceso, protección contra congelamiento y condensación y congelamiento exterior. Se debe tomar en cuenta la siguiente información:

- Temperatura de congelación invernal, porcentajes de humedad relativa y puntos de rocío del aire.
- Características de los fluidos que requieren conservación de calor o frío.
- Medio preferido para acondicionar (eléctrico, fluido térmico, agua caliente, glicol, agua o vapor).
- Requerimientos de enchaquetado.
- Establecer la temperatura mínima de operación de la cual se requiere el uso de aislamiento.
- Detalles de productos sensibles al calor.
- Coeficientes de diseño por convención de calor.
- La normatividad oficial editada la cual esta basada en el plan nacional de optimización del uso de la energía y es de carácter obligatorio como mínimo dentro del país.

7.1.16 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Se recomienda incluir la siguiente información:

- a) Indicar los códigos, estándares o referencias aplicables que se utilizarán en la selección de materiales de construcción y grados de corrosión.
- b) Colaborar con el especialista de materiales en la definición del material requerido para cada corriente.
- c) Definir con el cliente el tipo de vida de la planta.
- d) Establecer el grado de corrosión (corrosión permisible) resultado del tiempo de vida del equipo para cada servicio.
- e) Indicar problemas de corrosión que ocurrirán como resultado de las funciones de proceso que incluyen químicos letales, cloruros, sosa cáustica, hidrógeno presencia de ácido sulfhídrico con agua y otros.

7.1.17 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

Es una representación gráfica secuencial de las etapas y equipos principales del proceso, en el se muestra la información más relevante del proceso como: Equipos principales, resumen de balances de materia y energía,

instrumentación básica de control, condiciones de operación, corrientes de proceso numeradas para su identificación y nombre e identificación de equipo. Normalmente se elaboran para una planta o sección y se tiene uno para cada modo de operación.

7.1.18 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Es un documento que como su nombre lo indica contiene el balance de materia y energía de la planta, de la información que contiene es: tipo de fluido, condiciones.

7.1.19 DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENTACIÓN

Este documento se representa de forma gráfica y detallada los equipos, líneas, accesorios, instrumentos y controles requeridos en las áreas o secciones del proceso. Se debe indicar, además, la identificación del equipo, los requisitos o condiciones específicas para el óptimo funcionamiento del proceso. El conjunto de DTI's debe tener interrelación y secuencia claramente definidas. También deberá llevar una tabla donde se anotaran las condiciones de cada una de las líneas que lo integran.

7.1.20 INFORMACIÓN ADICIONAL ESPECIAL

- a) Coeficientes de transferencia de calor y factores de ensuciamiento en cambiadores de calor. (Por ejemplo atendiendo al tipo de agua de enfriamiento que se vaya a usar).
- b) Velocidad de flujo de fluidos especiales y caída de presión.
- c) Tipos, marcas y tamaños de equipos preferidos.
- d) Los aplicables de acuerdo al tipo de proceso, punto de ebullición, granulometría, esfuerzos cortantes máximos permisibles en fluidos, etc.

7.1.21 FACTORES ECONÓMICOS

- e) Sensibilidad al costo.

7.1.22 REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE CONSTRUCCIÓN

- f) Prácticas de buena manufactura.
- g) Códigos de refinería (API, ANSI, ASME).
- h) En caso de ASME sección VIII, div 2 elaboración de user design specifications.
- i) NFPA (Nacional Fire Protection Association).

7.1.23 REQUERIMIENTOS ESPECIALES DEL LAYOUT

- a) Flujo por gravedad, free draining (línea que drene por gravedad). No pockets (tuberías que deban ser diseñadas sin bolsas, tanto verticales como horizontales) high point vents (venteos en el punto mas alto), low point drain (Tuberías con drenaje en el punto mas bajo). Venteos y despresurizaciones a lugares seguros.
- b) Rutas de evacuación.
- c) Localización de sistemas contra incendios
- d) Zonas de seguridad para equipos.

- e) Distancia recomendada entre equipos de proceso, entre equipos de proceso, entre equipos de proceso e instalaciones que formen parte de la planta como subestaciones, cuartos de control, laboratorios, oficinas, servicios, entre otros, distancias a guardar a hornos de fuego directo, bunkers, almacenamiento de inflamables.

7.1.24 SISTEMA DE UNIDADES

a) Métrico, Inglés, Internacional o especiales.

b) Definir las referencias a usar. Aunque el personal de proyecto es responsable de verificar que las bases de diseño no contengan información contradictoria, en caso de presentarse, El supervisor de proceso en conjunto con el ingeniero de proyecto deben revisar que estos conflictos no afecten el buen desarrollo de los cálculos de diseño de proceso. Simultáneamente el ingeniero de proceso deben verificar si existen omisiones de información causadas por otras disciplinas, asumiendo que todas las disciplinas poseen información necesaria para sus bases de diseños. Puntos claves que deben revisarse son:

- El contenido de las bases de diseño de proceso contra las bases de diseño del proyecto.
- Que la filosofía de control sea preparada conjuntamente por el ingeniero de proceso y el ingeniero de sistemas de control o instrumentación.
- Requerimientos especiales de layout por las disciplinas de proceso y tuberías. (Free draining, flujos por gravedad, tuberías y recipientes abajo del nivel de la planta, sistemas de tuberías con volúmenes muy grandes, fluidos con dos fases).
- Datos para la definición y clasificación de áreas peligrosas por las disciplinas eléctrica y proceso.
- Temperaturas, humedades, bulbo húmedo y bulbo seco de diseño por las disciplinas de mecánica HVAC y proceso.
- Información de temporadas de lluvias por las disciplinas de civil y ambiental.
- Proveedores de equipo por la disciplina de proceso y procuración.
- Elevación de sitio por la disciplina civil.

7.2 MODELO ELECTRÓNICO

Debido a la gran complejidad que existe en los proyectos de energía, en cuanto a número de tuberías, equipos, racks (estructuras de soporte de tuberías de una altura mayor a dos metros), etc., se utiliza un sistema de diseño de plantas llamado P.D.S. (Plant Design System). El P.D.S. lejos de ser un "restirador electrónico", es una herramienta que además de realizar el diseño, cuenta con varios módulos como cuantificación de materiales, almacenamiento de especificaciones. P.D.S., es una herramienta en tres dimensiones para el diseño y construcción de Plantas Industriales. P.D.S. crea y mantiene una base de datos exacta, la cual proporciona información valiosa y actualizada para ser empleada durante la etapa de diseño. Posee un ambiente integrado que permite a los usuarios de disciplinas múltiples trabajar en el mismo proyecto en forma simultánea, mejorando el diseño, reduciendo errores e incrementando productividad. Consiste de módulos 2D o 3D integrados, los cuales corresponden a las tareas básicas del flujo de trabajo del diseño de la planta. El P.D.S. es utilizado por varias disciplinas y sirve para el intercambio de información interdisciplinario y la "supervisión de las interfases entre disciplinas." (1)

8 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLAVES DE LA INGENIERIA DE DETALLE

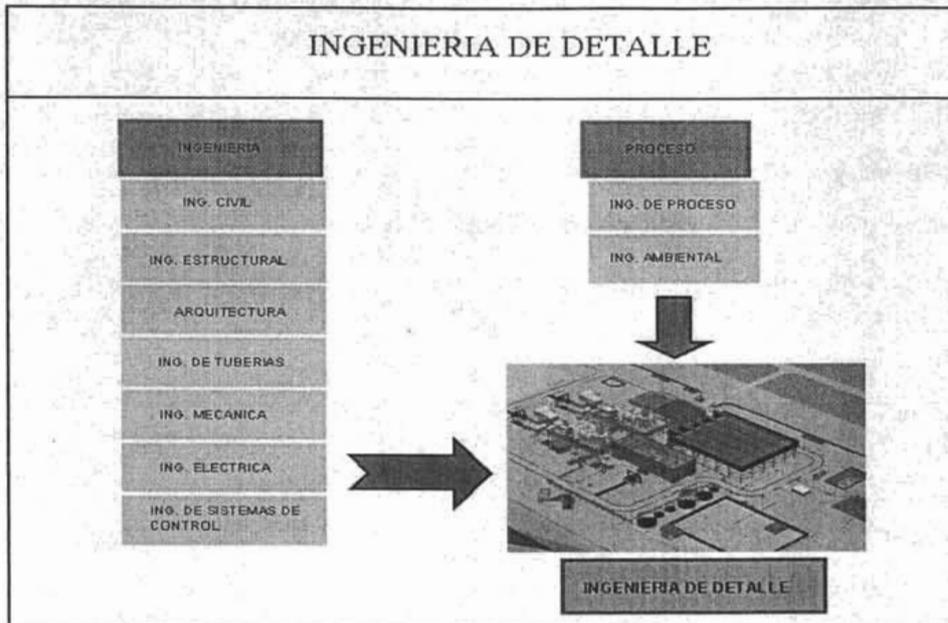


Figura (5).- Elementos claves de la ingeniería de detalle

8.1 PROCESO

8.1.1 LISTA DE EQUIPO

Este documento lista de manera ordenada y por grupos los equipos que componen una planta, proceso o sección mostrados en los DTI's, con su respectiva identificación y características particulares de diseño, tales como condiciones de operación, capacidad, peso, materiales, potencia y dimensiones (en algunos casos también el proveedor o fabricante).

8.1.2 LISTA DE MOTORES

Este documento lista los motores eléctricos mostrados en el DTI's y en los documentos de diseño de la disciplina Mecánica, indicando la identificación del motor, su potencia, el voltaje y requerimientos particulares de seguridad de operación así como la forma de operación...⁽²¹⁾

8.1.3 HOJAS DE DATOS DE EQUIPO

Documento único por tipo de equipo, en el cual se establecen detalladamente los requisitos de diseño bajo los cuales deben especificarse para su adquisición o fabricación; contiene información respecto a las condiciones de operación y de diseño, códigos aplicables, tipo de materiales y de servicio, características de los fluidos con su identificación y los datos generales como cliente, lugar de instalación, planta nombre y número de proyecto. Además, se deben indicar los requisitos y detalles específicos por proceso que deben cumplirse en la fabricación e instalación de éste.

8.1.4 FILOSOFÍAS BÁSICAS DE OPERACIÓN

Este documento es una narrativa de la automatización y control, aplicable en la operación de la planta. En su contenido se establece la forma en la cual, la filosofía de las diferentes variables son detectadas, controladas y registradas para mantener las condiciones de operación del proceso. Se describe la forma en la que los instrumentos están entrelazados para mantener una operación segura. Se describen también, los sistemas de paro de emergencia, así como los sistemas de detención que sean requeridos por el proceso.

8.1.5 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL

El plano de localización general del equipo es un documento crítico en el diseño y construcción de una planta de proceso; es un dibujo de la unidad en planta, en el cual se encuentran distribuidos y localizados todos y cada uno de los equipos; además se presentan en el los edificios, estructuras principales, caminos y vías férreas, sistemas de acceso a la planta, estructuras adyacentes, áreas de almacenamiento y administración, así como el rack de tuberías y lo necesario para una operación eficiente de la planta.

8.1.6 INDICE DE SERVICIOS

En este documento se listan todos los compuestos que intervienen en un proceso así como los servicios auxiliares, indicando el material que se utiliza, las temperaturas y presión de operación y el diseño, en algunos casos las tolerancias de corrosión.

8.1.7 TABLA DE ALARMAS

En este documento se listan las alarmas que aparecen indicadas en los DTI's y que se van a configurar en el DCS. Se indican los valores a los cuales se van a configurar las alarmas, los disparos y se indica la prioridad según la gravedad de cada una de ellas, alta, baja y media.

8.1.8 ESTUDIO DE RIESGO (HAZOP)

El HAZOP se aplica en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo.^(H)

8.1.9 MANUAL DE OPERACIÓN DE PROCESO

Este es un documento que tiene como función integrar ordenadamente y con lógica, toda la información del proyecto, incluso la de los proveedores, fabricantes y de otras disciplinas como sistemas de control y mecánica, de tal forma, que el operador de la planta pueda consultarla de manera práctica y clara para llevar a cabo los preparativos para el arranque de la planta, para los diferentes modos de operación de la planta, y durante paros normales programados y paros de emergencia. También proporciona la información para llevar a cabo mantenimiento programado y especial de los equipos. Contiene los procedimientos que son necesarios para la operación y mantenimiento de la planta. ⁽²¹⁾

8.1.10 ENTREGABLES

- Diagramas de flujo de proceso
- Diagramas de tuberías e instrumentación
- Hojas de datos
- Listas de equipo
- Reportes de análisis HAZOP
- Memorias de cálculo

8.2 AMBIENTAL

8.2.1 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Es un análisis de los posibles impactos de un proyecto sobre el ambiente y las personas y una propuesta para el manejo de estos efectos. Abarca estudios de aspectos físicos, naturales, biológicos, socio económicos y culturales en el área de influencia del proyecto, con la finalidad de prever los efectos y consecuencias de la realización del mismo, indicando medidas y controles a aplicar para lograr un desarrollo armónico entre las operaciones y el ambiente.

Se solicita información de carácter general de la obra o actividad, con la finalidad de configurar una descripción general de la misma; asimismo se solicita información específica de cada etapa, con el objetivo de obtener los elementos necesarios para la evaluación del impacto (positivo o negativo) de la obra o actividad. ^(C)

8.2.2 ETAPA DE PREPARACIÓN DEL SITIO Y CONSTRUCCIÓN

En este apartado se solicitará información relacionada con las actividades de preparación del sitio previas a la construcción, así como las actividades relacionadas con la construcción misma de la obra o con el desarrollo de la actividad.

Se deben anexar los planos gráficos del proyecto y el sistema constructivo, así como la memoria técnica del proyecto, esto último en forma breve. ^(D)

8.2.3 ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La información que se solicita en este apartado, corresponde a la etapa de operación del proyecto, y a las actividades de mantenimiento necesarias para el buen funcionamiento del mismo.

8.2.4 ETAPA DE ABANDONO DE SITIO

En este apartado deberá describir el destino programado para el sitio y sus alrededores, al término de las operaciones, y se deberá especificar:

- En esta sección se deberá describir el medio natural resaltando aquellos aspectos que se consideren particularmente importantes por el grado de afectación que provocaría el desarrollo del proyecto. Como apoyo será necesario anexar una serie de fotografías que muestren al área del proyecto y su zona circundante.
- Presentar la información de acuerdo con los alcances del proyecto (en una zona terrestre, marina o ambas).
- Medio socioeconómico.
- En este apartado se solicitará información referente a las características sociales y económicas del sitio seleccionado y sus alrededores.
- Identificación de impactos ambientales.
- En esta sección se deberán identificar y describir los impactos ambientales provocados por el desarrollo de la obra o actividad durante las diferentes etapas.

Para ello, se puede utilizar la metodología que más convenga al proyecto.

Finalmente, con base en una auto evaluación integral del proyecto, el solicitante deberá realizar un balance (impacto desarrollo) en donde se discutirán los beneficios que genere el proyecto y su importancia en la economía local, regional o nacional, y la influencia del proyecto en la modificación de los procesos naturales.

8.3 CIVIL

8.3.1 TOPOGRAFÍA Y PREPARACIÓN DEL SITIO

La topografía es el estudio de nivelación en cada uno de los linderos establecidos.

La urbanización, son todas las áreas libres que se mantienen limpias y despejadas de objetos extraños a la planta, exclusivas para la circulación de vehículos y almacenamiento.

Preparación de sitio, esta se puede lograr con una terminación de:

- Tierra.
- Grava Compactada.
- Asfalto.
- Concreto Hidráulico.

Se verificará que los accesos tengan la orientación adecuada de acuerdo a las vialidades de mayor importancia.

Las zonas de protección, se ponen todos los aditamentos que corresponden a la protección como son:

- Muros.
- Pisos de Concreto.
- Salidas de Agua Pluviales.

8.3.2 MECÁNICA DE SUELOS

La mecánica de suelos se hace por lo regular tomando en consideración el sistema unificado de clasificación de suelos, la cual toma como referencia los siguientes parámetros:

- Profundidad.
- Capacidad de Carga.
- Cohesión.
- Peso en volumen húmedo.
- Humedad Natural.
- Peso en volumen seco.
- Contracción Lineal.

8.3.3 DRENAJES

Se refiere a los sistemas de desalojo de agua de lluvia o aguas negras.

Dichos sistemas pueden estar compuestos de registros, tuberías, canales, cunetas, trincheras.

Cuyas dimensiones son calculadas en base a la información hidrológica del sitio cuando es drenaje pluvial o del flujo del agua usada en baños, cocinas, laboratorios.

8.3.4 ESTRUCTURAS

Existen estructuras de concreto, estructuras de acero y mixtas que son combinación de éstas dos.

En estos planos se especifican en función a un cálculo realizado por un ingeniero civil en el área el tipo de estructura que se realizará complementando todo tipo de detalle. (21)

En costo son más económicas las de concreto, se utilizan las de acero por su rapidez de colocación.

- Localización de todos los elementos estructurales respecto a los ejes de columnas del edificio o respecto a los ejes de equipo.
- Indicación de los niveles superiores de la estructura y el nivel del piso terminado en cada una de las plantas estructurales.
- Indicación de los tipos de soldadura, sus dimensiones, tipo y dimensión del electrodo.
- Detalles de armado de todos los elementos estructurales.

ESTRUCTURA DE CONCRETO:

Es la combinación de cuerpos resistentes capaces de transmitir fuerzas o de soportar cargas, sin que haya movimiento relativo entre sus partes. Es una armadura que sostiene un conjunto, el peligro de derrumbamiento total o parcial debe ser nulo.

TIPOS DE ESTRUCTURAS:

- a) Las construidas con la estructura totalmente cubierta.
- b) Las construidas con la estructura parcialmente cubierta que son del tipo cobertizo simplemente techado.
- c) Las de estructura descubierta constituida por un soporte estructural del aire libre.

8.3.5 CIMENTACIONES

En los planos de Cimentaciones se utilizan los términos de secciones y detalles para definir un punto de la cimentación que no se puede apreciar en forma general:

- a) Bajo equipo estático.
 - b) Bajo equipo dinámico.
- Niveles de desplante de cimentaciones.
 - Localización por medio de dimensiones respecto a los ejes del edificio, zapatas, trabes.
 - Detalles de armados de todos los elementos.

CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURA:

Se encarga del análisis y diseño, incluyendo el dimensionamiento y detalle de la cimentación de todas las estructuras.

Hay 3 tipos:

- a) Pilotes.
- b) Zapatas.
- c) Losas continuas.

8.3.6 SOPORTE DE TUBERÍAS

- a) Enterrados.
 - b) A nivel de piso.
 - c) Elevados.
- Localización por medio de coordenadas de las cimentaciones y los soportes.
 - Indicación de materiales, dimensiones y elevación de soportes.

8.3.7 MAQUETA ELECTRÓNICA

Es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta la localización y dimensiones de estructuras, cimentaciones, permite identificar las posibles interferencias de estructuras, cimentaciones, ver figura (6).

Es la representación electrónica del arreglo civil se tiene :

- Elementos principales: columnas, vigas, contraventeos horizontales y verticales incluyendo placas base y de conexión.
- Monorraíles.
- Soportes misceláneos (secundarios).
- Plataformas y vigas secundarias.
- Escaleras de rampa, marinas (incluyendo la jaula).
- Barandales, incluyendo envolventes de paso.
- Racks de tuberías.
- Soportes misceláneos (Eléctrico).
- Cimentaciones de equipo.
- Cimentaciones de edificios.
- Pisos de rejilla y placa antiderrapante incluyendo huecos mayores de 20 cm.
- Recubrimiento contra incendio de acero estructural.
- Losas de piso.
- Losas de entrepiso.
- Plataformas de terracería, calles y caminos.
- Sistema de drenaje pluvial y sanitario incluyendo tuberías.
- trincheras y registros.

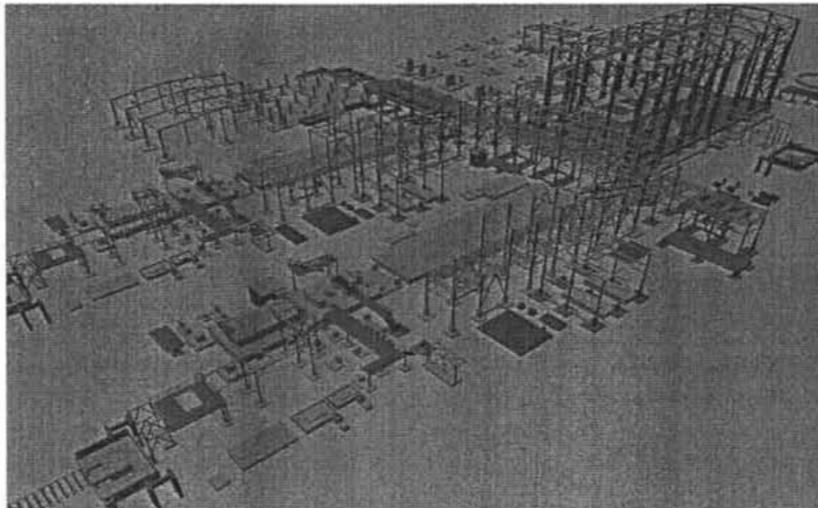


Figura (6).- Modelo electrónico civil estructural

8.3.8 ENTREGABLES

- Planos topográficos y de movimiento de tierras.
- Planos de plataforma de operación y soportes.
- Demoliciones.
- Terracerías.
- Planos de drenaje.
- Planos de pavimentos.
- Planos de cimentaciones.
- Planos de estructuras de concreto.
- Planos estructurales de acero.
- Planos de edificios.
- Planos de racks y puentes.

8.4 ARQUITECTURA

Contempla el diseño conceptual de todas las áreas de la planta de la construcción arquitectónica:

- Estudio de vialidad vehicular y peatonal.
- Estudio de áreas libres (jardines, campos deportivos, zonas de estacionamiento).

8.4.1 DISEÑO DE DETALLE

La ubicación y dimensiones del área de la planta, almacenes, subestaciones, edificios, laboratorios, cuartos de control, talleres, bodegas, áreas verdes, fachadas accesos y el aspecto general.

8.4.2 EDIFICIOS

- Fachadas y cortes.
- Instalaciones sanitarias.
- Especificación y detalle de instalación de puertas, ventanas y mamparas

8.4.3 ACABADOS

Refiere a todas las aplicaciones que permiten darle a los edificios su apariencia final, la mayoría de los materiales son definidos por el cliente y están relacionados con muros, ventanas, puertas y mobiliarios.

8.4.4 INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIA

Refiere a todas y cada una de las instalaciones dentro de los edificios que permiten suministrar y desalojar, agua de servicio o agua negra respectivamente. ⁽²¹⁾

Los materiales comunes son tubería galvanizada o de cobre o PVC cuyos diámetros dependerán del flujo que pasen por ellas.

8.4.5 MAQUETA ELECTRÓNICA

Es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta la localización y dimensiones de cuartos almacenes, fachadas.

En la representación electrónica del arreglo arquitectónico:

- Muros interiores (espesor total con acabados).
- Techos de lámina.
- Puertas y ventanas (sin detalle).
- Piso falso con soportes.
- Mobiliario fijo en baños y tarjas.
- Falsos plafones (se indicarán los cambios de nivel).
- Escaleras interiores.
- Tubería hidráulica, desde la acometida hasta los muebles sanitarios (sin detalle).
- Tubería sanitaria, desde los muebles sanitarios hasta el primer registro (sin detalle).
- Bajadas de agua pluvial y canalones (sin detalle).
- Cuartos eléctricos y de control.

8.4.6 ENTREGABLES

- Planos arquitectónicos y de acabados de los edificios incluidos en el alcance.
- Planos de instalaciones.
- Actividades de requisición de materiales.

8.5 TUBERIAS

8.5.1 PLOT PLANT

Es un documento que muestra las áreas que integran a la planta industrial: área de proceso, área de servicios auxiliares, áreas de almacenamiento, servicios a personal, edificios administrativos, área de carga y descarga, está elaborado a escala y en planta.

8.5.2 PLANO DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO

Muestra la localización en vista de la planta de los equipos tanto de proceso como de servicios auxiliares. Está elaborado a escala.

8.5.3 DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTACIÓN

Este documento se representa de forma gráfica y detallada los equipos, líneas, accesorios, instrumentos y controles requeridos en las áreas o secciones del proceso. Se debe indicar, además, la identificación del equipo, los requisitos o condiciones específicas para el óptimo funcionamiento del proceso. El conjunto de DTI's debe tener interpelación y secuencia claramente definidas. También deberá llevar una tabla donde se anotaran las condiciones de cada una de las líneas que lo integran.

8.5.4 LISTA DE LÍNEAS

Documento en el cual se listan todas las líneas tuberías contenidas en DTI's, indicando sus principales características como son.

- Identificación (numeración).
- Fluido manejado.
- Diámetro.
- Tipo de material.
- Origen y destino.
- Condiciones de operación y diseño.
- Tipo de aislamiento.

8.5.5 ESPECIFICACIÓN DE TUBERÍAS

Materiales: Espesor, diámetro, peso, longitud de la tubería, bajo que norma está construida, costura, ángulo.

Instalación: Tipo de soldadura, tipo de accesorios bridados, tipo y características de bridas y válvulas, altura libre, espacio entre líneas.

Soportes: sujeciones adicionales, ubicación de los soportes, tipo de soportes (colgantes o fijos).

Pruebas: La norma que las rige, los requisitos que ésta pide, la calibración de los instrumentos. Pueden ser pruebas hidrostáticas (pasa agua durante 10 hrs. a mayor presión), de tensión, doblez y aplastamiento.

8.5.6 PLANOS ISOMÉTRICOS

Presenta en tres dimensiones la trayectoria seguida por cada tubería, así como las especificaciones de ésta, las conexiones, los accesorios, los instrumentos, los aislamientos y venas de calentamiento, así como la lista de materiales de cada objeto. No se dibujan a escala. ⁽¹⁾

8.5.7 LISTA DE PUNTOS DE CONEXIÓN

Este documento contiene los puntos de interconexión de la tubería con otro sistema de tubería ya existente. En esta lista se indica el diámetro, especificación, tipo de conexión (viva o muerta) y cédulas.

8.5.8 LISTA DE ACCESORIOS ESPECIALES

Esta lista muestra todos aquellos componentes de tubería que se consideran especialidades, tales como: Trampas de vapor, filtros, regaderas, lava ojos, juntas de expansión, etc.

8.5.9 VOLUMEN DE OBRA

Contiene la cantidad y el costo total por la compra e instalación de la tubería y accesorios.

8.5.10 ESQUEMÁTICOS

Es una representación de un arreglo de tubería sin escala. Todos los elementos como tubo, accesorios, instrumentos y soportes se indican por medio de símbolos preestablecidos en la norma del cliente y los tramos de tubería se muestran por una sola línea, cualesquiera que sean los diámetros de la tubería.

8.5.11 PLANOS DE PLANTAS Y ELEVACIONES

Muestra la trayectoria horizontal y elevaciones de las tuberías a escala. Se elabora al tener el arreglo de equipo y ya establecidas las rutas de las tuberías, para lo cual se divide la planta en áreas.

8.5.12 DETALLES DE SOPORTE

Esquema que muestra el tipo de soportaría que tiene una tubería. Materiales de construcción, peso de la tubería, máxima capacidad de carga, altura, etc.

8.5.13 LISTA DE MATERIALES

Contiene las características principales, cantidades y especificaciones de cada tubería. Espesores, diámetros, material de fabricación, si se requiere algún aislante, etc. ⁽¹¹⁾

8.5.14 MAQUETA ELECTRÓNICA

Es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta la localización y dimensiones de estructuras, equipos y racks, permite identificar las posibles interferencias de tuberías con equipos y estructuras, ver figura (7).

En la representación electrónica del arreglo de tuberías tenemos lo siguiente:

- Tubería y componentes de tubería de 1/2" y mayor
- Todo el equipo mecánico y boquillas de la lista de equipo, incluyendo áreas de mantenimiento, operación y acceso.
- Escaleras, barandales, plataformas y pasamanos incluidos en los equipos (recipientes, tanques, etc.).
- Soportes especiales (de resorte) de tubería.
- Regaderas de seguridad y estaciones de lavaojos.
- Estaciones de servicios.
- Tubería a serpentines y humidificadores hasta el punto terminal.
- Soportes Temporales preliminares (serán removidos cuando sean diseñados por el área civil estructural).
- Venteos y Drenajes.
- Escaleras y plataformas preliminares (serán removidas cuando sean diseñadas por el estructural).
- Soportes misceláneos diseñados por tuberías y contruidos por el contratista de tuberías.
- Envoltente de equipos paquete y sus puntos de conexión (El alcance quedará definido por el cliente).
- Tubería y accesorios para sistema de drenajes químicos y aceitosos.
- Tubería y accesorios para sistema de agua de enfriamiento.

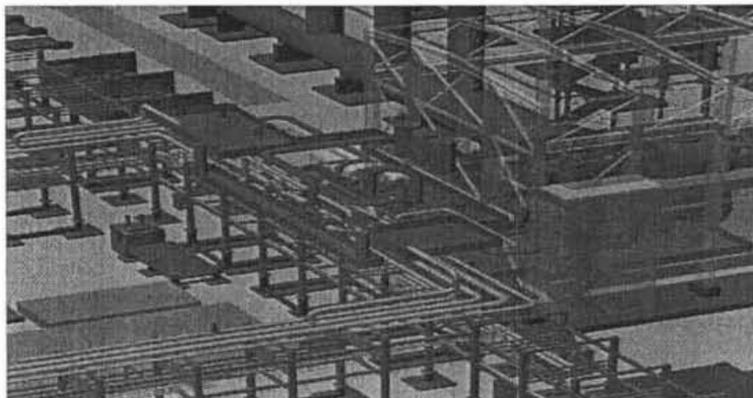


Figura (7).- Modelo electrónico de tuberías

8.5.15 ENTREGABLES

- Lista de Interconexiones.
- Arreglo general de equipos.
- Índice de líneas.
- Isométricos de tuberías.
- Planos de sistemas aéreos.
- Planos de sistemas subterráneos.
- Dibujos isométricos por circuito de tuberías.
- Listas de materiales.

8.6 ELÉCTRICO

8.6.1 DIAGRAMAS UNIFILARES ELÉCTRICOS

Es la representación esquemática de un sistema eléctrico mostrado en forma de una sola línea (una fase). Para mostrar los dispositivos mayores de potencia, protección y medición de un sistema eléctrico.

8.6.2 PLANOS DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

La clasificación de áreas se define como la determinación de las zonas peligrosas donde se puede producir una explosión debido a las temperaturas de ignición de los materiales que se manejan en ellas.

El objeto de determinar estas zonas es el colocar dispositivos que puedan soportar una explosión interior sin permitir que se transmita hacia el exterior produciendo un desastre mayor.

8.6.3 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

Es la forma física la disposición de los equipos mayores tanto en el interior como en el exterior de las subestaciones y cuartos de control.

Con esto se dimensionan subestaciones y cuartos de control para coordinar con las demás disciplinas el diseño y la construcción de acuerdo con los requerimientos y servicios que cada uno de los equipos.

8.6.4 SISTEMA GENERAL DE FUERZA

Indica las rutas principales de la distribución de fuerza indicando los grandes bloques donde se concentran las cargas de las áreas de la planta, sobre el arreglo general de la planta.

Para definir espacios y trayectorias de las canalizaciones eléctricas ya sean charolas o camas de tubos conduit.

8.6.5 DISTRIBUCIÓN DE FUERZA SUBTERRÁNEA

Indica las trayectorias principales de los bancos de ductos hacia las cargas de cada área de la planta, sobre el arreglo general de la planta para identificar las trayectorias e informar a las demás disciplinas de las rutas con el objeto de evitar interferencias entre los diferentes sistemas enterrados.

8.6.6 DETALLES DE INSTALACIÓN ELÉCTRICOS

En estos documentos se muestra la información de cómo se realizara la instalación eléctrica del equipo o accesorio eléctrico, este contiene una lista de materiales requerida para dicha instalación, basada en la especificación del equipo.

8.6.7 SISTEMA GENERAL DE TIERRAS

Presenta los anillos principales de las áreas en que esta dividida la planta indicando los cables varillas y conectores de toda la planta, sobre los planos de arreglo general de la planta para mostrar la interconexión entre los diferentes anillo y sistemas de tierras de la planta. ⁽¹¹⁾

8.6.8 ALUMBRADO GENERAL

De vialidades y de seguridad así como la distribución general de ductos subterráneos para el alumbrado exterior, sobre los planos de arreglo general de la planta.

Se indica la distribución de los postes de alumbrado en las vialidades y se puede verificar que existe un alumbrado adecuado en áreas generales de vialidades, estacionamientos, vigilancia, etc.

8.6.9 CÉDULA DE CONDUCTORES

Indican las características de los cables y canalizaciones de la instalación.

Registrar e informar al personal de diseño y construcción las características de los cables y canalizaciones utilizadas en la instalación eléctrica de la planta.

La características de los cables y canalizaciones así como su origen y destino.

8.6.10 MAQUETA ELECTRÓNICA

Es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta la localización y dimensiones de equipos, canalizaciones, áreas de mantenimiento, permite identificar las posibles interferencias de canalizaciones con tuberías, cimentaciones y estructuras, ver figura (8).

En la representación electrónica del arreglo eléctrico se tiene lo siguiente:

- Todas las charolas en exteriores y cuartos eléctricos.
- Soporte para canalizaciones eléctricas aéreas (modelada por civil con información del eléctrico).
- Soporte compartido con tuberías (modelado por tuberías con información del eléctrico).
- Soportes diseñados por eléctrico para bancos de conduit y charolas.
- Soportes para charolas y conduit diseñados y comprados por el electricista
- Conduit de 2" de diámetro y mayores.
- Equipo eléctrico (CCM's, transformadores, tableros, etc.), en cuartos eléctricos. Incluyendo áreas de mantenimiento, accesos y operación.
- Equipo eléctrico en exteriores como transformadores, busductos, subestaciones exteriores tipo abiertas (switchyard), tableros de interruptores (switchracks) y tableros para alumbrado y contactos. Incluyendo áreas de mantenimiento, accesos y operación.
- Luminarias exteriores.
- Tableros y Cajas de conexión, con soporte, incluyendo área de mantenimiento y operación.
- Interruptores de seguridad, incluyendo área para mantenimiento y operación.
- Receptáculos.
- Estaciones de control para motores, etc., con soporte, incluyendo área para mantenimiento y operación.

- Envoltentes de bancos de ductos eléctricos subterráneos, derivaciones a equipos y registros. (Tomar en cuenta la envoltente total del banco de ductos que incluye el espesor).

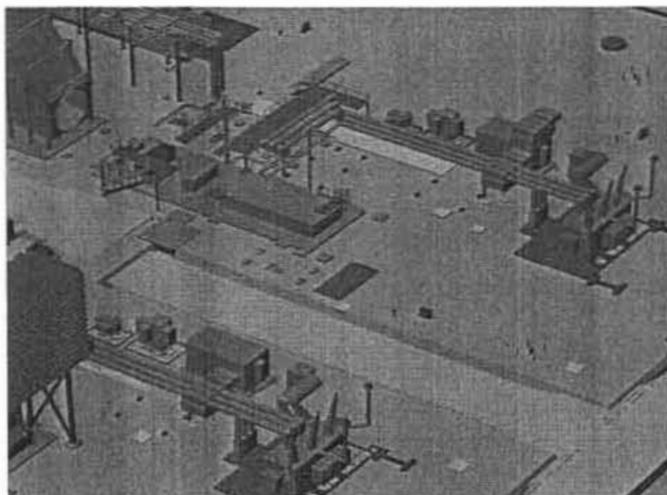


Figura (8).- Modelo electrónico de equipo eléctrico

8.6.11 ESPECIFICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN

Se indican todos los componentes eléctricos y mecánicos de la subestación, ya sea interior como intemperie, así como las normas de fabricación para cada uno sus equipos y los valores requeridos por el cliente en cada uno de los casos. El objeto de elaborarlas es definir el fabricante que queremos.

Debe de contener la descripción de todos los elementos tanto mecánicos como eléctricos de la subestación y las normas que rigen la construcción de dichos elementos.

8.6.12 ENTREGABLES

- Planos de clasificación de áreas.
- Diagramas unifilares, elementales y de interconexión.
- Planos de fuerza y control.
- Planos de alumbrado y contactos.
- Modelo de instalaciones.
- Sistemas de tierras y pararrayos.
- Hojas de datos de equipo eléctrico.
- Información de proveedores.
- Actividades de requisición de equipo y materiales.
- Coordinación con subcontratos que involucren diseño

8.7 INSTRUMENTACION

8.7.1 HOJAS DE DATOS DE INSTRUMENTOS

Es un documento por tipo de Instrumento, en el cual se establecen detalladamente los requisitos de diseño bajo los cuales deben especificarse para su adquisición o fabricación; contiene información respecto a las condiciones de operación y diseño, códigos aplicables, tipos de materiales y de servicio, características de los fluidos con su identificación. Indicando también los requisitos y detalles específicos por Proceso que deben cumplirse en la fabricación e instalación de éste.

8.7.2 ÍNDICE DE INSTRUMENTOS

Es un listado de los instrumentos que intervienen en el proceso, en forma de tabla se lista su etiqueta de identificación, servicio, DTI, hoja de requisición, localización y aspectos relacionados con su compra. Se elabora cuando ya se tienen localizados los instrumentos en los DTI's, indicando:

- La identificación del instrumento.
- El DTI en el que está representado.
- El número de la especificación.
- Para que servicio se utilizará.
- El plano de localización.
- El detalle típico de instalación.
- La marca del instrumento.

8.7.3 ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS

Es un documento de diseño que describe de manera detallada las características constructivas, los materiales principales, las dimensiones importantes, los rangos requeridos y condiciones de operación de cada instrumento.

La información necesaria para realizarlos es:

- a) Criterios de diseño de instrumentación
- b) Especificaciones de tubería (diámetro, cédula, etc.)
- c) Condiciones de operación del proceso (gasto, presión, temperatura, entre otros).

Básicamente, de este documento depende la selección del instrumento.

Generalmente las firmas de Ingeniería usan el formato estándar para especificación de instrumentos propuesto por la ISA, (INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA).

La información contenida se divide en 3 partes:

- 1.- Clave del instrumento, localización (características del instrumento), servicio y montaje (condiciones de operación).
- 2.- Da las características requeridas del instrumento como: tipo de instrumento, material del cuerpo y/o caja, clasificación eléctrica, rango, escala, diámetro, tipo de conexión.
- 3.- Contiene las condiciones de operación o datos del proceso: tipo de fluido, valores máximos, mínimos y normales de presión y temperatura, densidad, viscosidad.

8.7.4 REQUISICIONES DE INSTRUMENTOS

Este documento contiene la especificación, modelo y características de los instrumentos (NEMAS), materiales rangos, tamaños de conexión parámetros eléctricos de alarmas y montaje. Incluye partida de cantidad y descripción.

8.7.5 PLANO DE LOCALIZACIONES DE INSTRUMENTOS

En el plano de localización general, usando la simbología y nomenclatura adecuadas, se indicará el tipo de instrumento y su posición aproximada de la ubicación en la planta, en relación a los equipos de los cuales se están midiendo las variables, haciendo una tabla con las coordenadas aproximadas.

En un plano da la ubicación fija del lugar físico en el que se instalará para su mejor funcionamiento y protección, en el plano de localización general, usando la simbología y nomenclatura adecuadas se indicará el tipo de instrumento y su posición aproximada en la planta en relación a los equipos de los cuales se están midiendo las variables, haciendo una tabla con las coordenadas aproximadas.

8.7.6 DIBUJOS TÍPICOS DE INSTALACIÓN

En estos documentos se muestra la información de como se conectan los instrumentos al proceso, los soportes necesarios y accesorios, éste contiene una lista de materiales requerida para la instalación de cada instrumento, basada en la especificación de la tubería. (Se construyen con base en la información del fabricante).

8.7.7 DIAGRAMAS DE LAZOS Y DE INTERCONEXIÓN

También se conocen como "diagramas de gasa" o "diagramas de loop". Dan información sobre la localización de los instrumentos (Información de diseño, instalación, revisión y pruebas).

Cada diagrama debe contener su número asignado y título descriptivo del loop. Los instrumentos aislados no requieren de este diagrama (manómetros, rotámetros, etc.)

8.7.8 PLANOS DE SUMINISTRO DE AIRE Y CONDUCCIÓN NEUMÁTICA

Estos planos tienen información sobre el trazado aproximado de las rutas que siguen los tubos que conducen los suministros y señales de instrumentos neumáticos, estos instrumentos pueden ser las válvulas de control, convertidores. Con el propósito de cuantificar el material necesario para su instalación.

Se ubican los instrumentos en el plano de localización general de equipo. Se dividen de dos puntos:

- 1.- Lista de líneas de proceso
- 2.- Lista de líneas de servicios auxiliares.

Lista de líneas, es un documento en el que se clasifican y dan las características de las tuberías presentes en una planta.

8.7.9 DETALLES DE ALAMBRADO

Instrumentos medidores controladores interpartes de equipo a tablero y campo, el diagrama contiene los requisitos de alambrado y canalización para llevar energía y conducir la señalización de toda la instrumentación de la planta.

8.7.10 LÓGICOS DE CONTROL

Representan la lógica de operación secuencial, de arranque, paro, alarmas, de los equipos involucrados en el proceso. Hay 2 tipos de diagrama de secuencia lógica continua y de lógica discreta.

8.7.11 DIAGRAMA DE TABLEROS LOCALES

Tableros que se ubican en el área del equipo, requiriendo alimentación eléctrica, neumática y conexión con equipo de campo.

8.7.12 MAQUETA ELECTRÓNICA

Es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta la localización y dimensiones de instrumentos, instrumentos en línea y canalizaciones. Permite identificar las posibles interferencias de instrumentos con tuberías, estructuras y canalizaciones eléctricas. ⁽¹⁵⁾

En la representación electrónica del arreglo de instrumentación tenemos lo siguiente:

- Todas las charolas coordinado con eléctrico.
- Soportes para charolas y conduit diseñados y comprados por sistemas de control, coordinado con tuberías, civil-estructural y eléctrico.
- Unidades remotas de control.
- Tableros locales y cajas unión con soportes.
- Racks de instrumentos.
- Envolventes para mantenimiento (de instrumentación en línea, tableros de control, válvulas de control, válvulas de seguridad, cromatógrafos y analizadores).
- Envolventes de bancos de ductos subterráneos y registros.
- Tomar en cuenta la envolvente total del ducto que incluye el espesor del recubrimiento del concreto, las dimensiones las genera la disciplina sistemas de control en coordinación con el departamento eléctrico.
- Envolventes para bancos de conduit y tubing .
- Instrumentos (todos los dispositivos que serán alambrados y que no están incluidos en el modelado de tubería), incluyendo soportes y pedestales.
- Estaciones de intercomunicación y voceo, bocinas así como su envolventes para operación y mantenimiento.
- Sistema de circuito cerrado de televisión.
- Soportes para charolas y conduit (por civil con información sistemas de control).
- Espaciadores y divisores de charolas.
- Tubing.

8.7.13 LISTA DE MATERIALES

Se listan los materiales requeridos para la instalación de los instrumentos basado en los típicos instalación. Tomas de proceso, soportería, señales eléctricas, suministro eléctrico de instrumentos, suministro de aire, instalación de tableros de control. Maniobras de acarreo de materiales, equipo de control, equipo de medición, calibración de instrumentos.

8.7.14 ENTREGABLES

- Planos de canalización de instrumentos.
- Típicos de instalación.
- Diagramas de interconexión.
- Diagramas de lazo.
- Diagramas lógicos.
- Índice de instrumentos.
- Hojas de datos de Instrumentos y procuración.
- Especificación y bases de datos para SCD, SIS, SCI, elaboración de gráficos dinámicos.
- Plano de rutas y señales.
- Plano de arreglo de equipo en cuarto de control.

8.8 MECÁNICO

8.8.1 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO

La finalidad de un plano de equipo es de proporcionar información clara y completa de los equipos a todas las áreas del proyecto, tuberías, civil, instrumentación y al mismo tiempo para la fabricación del mismo.

- Planta.
- Elevación.
- Tabla de boquillas.
- Datos de diseño.
- Lista de materiales.
- Detalles, vistas.

8.8.2 TORRES Y COLUMNAS

Al iniciar la tarea de diseño de reactores, deberá contarse con la siguiente información:

- El tipo de reacción (simple o compuesta).
- La necesidad de un catalizador.
- Las fases comprendidas.
- La modalidad de control de temperatura y presión (isotérmico, adiabático u otro; la necesidad de presión, vacío).
- La capacidad de producción.

Para determinar el número de variables que se deben especificar para fijar una solución única para el diseño de una columna de absorción son:

- La rapidez de flujo del gas y la composición.
- La presión operacional y la caída de presión en el absorbedor.
- El grado deseado de recuperación de uno o más solutos.
- El disolvente (no volátil, libre, no corrosivo, estable, no viscoso).

8.8.3 INTERCAMBIADORES DE CALOR

Las prácticas recomendadas para la designación de intercambiadores de calor convencionales de casco y tubo, mediante números y letras las estableció la tubular exchangers manufacturers association.

Ejemplos típicos:

a) Intercambiador de cabeza flotante y anillo partido, con cubierta y canal desmontables, casco de paso simple, diámetro interior de 23 ¼". con tubos de 16 pies de longitud.

b) Intercambiador de tipo U, con cabezal estacionario del tipo de casquete, casco de flujo partido, de 19 pulgadas de diámetro exterior, con tubos de 7 pies de longitud de tramos rectos.

Los equipos de transferencia de calor se pueden designar por el tipo(o sea, lámina tubular fija, cabezal empaquetado exterior, etc.) o por la función (enfriador, condensador, congelador).

8.8.4 RECIPIENTES A PRESIÓN

La A.S.M.E. escribió el boiler and pressure vessel code que contiene reglas para el diseño, la fabricación y la inspección de quemadores y recipientes a presión el cual esta integrado por 11 secciones donde las secciones VIII, IX y X, hablan de recipientes a presión.

El alcance de la sección VIII división 1, excluye a ciertos recipientes como sigue:

- Recipientes bajo control federal.
- Recipientes con un volumen de 120 galones o menos, que contengan agua a presión.
- Tanques de almacenamiento de suministro de agua caliente de no más de 120 galones, a una temperatura de 200°F y 20 000 btu/h de entrada de calor.
- Recipientes con una presión de operación interna o externa que no sobrepase 15 lb/pulg².
- Recipientes con un diámetro interior que no sobrepase las 6 pulg.
- Presiones por encima de 3000 lb/pulg², se deben aplicar algunos principios adicionales de diseño que se encuentra en la División 2.

8.8.5 TANQUES ATMOSFÉRICOS

Se le llama tanque atmosférico a cualquier deposito diseñado para su utilización dentro de más o menos unas cuantas libras por pie cuadrado de diferencia con la presión atmosférica.

El American Petroleum Institute desarrolló una serie de normas para tanques atmosféricos. Por ejemplo:

- API Standar 12A, tanques de almacenamiento de petróleo con envoltentes remachadas.
- API Standar 12B, tanques de producción atornillados.
- API Standar 12D, tanques de producción grandes, soldados.
- API Standar 12E, tanques de producción de maderas.
- API Standar 12F, tanques de producción pequeños soldados.

8.8.6 ESPECIFICACIONES DE AISLAMIENTO

El aislamiento térmico se puede definir mejor por el índice al que conduce el calor en comparación con los metales. Los aisladores térmicos pueden ser:

1. Materiales minerales fibrosos o celulares, como el asbesto, el vidrio, el sílice, las rocas o las escorias.
2. Materiales orgánicos fibrosos o celulares, como la caña el algodón, el caucho, la madera, etc.
3. Plásticos orgánicos celulares, como el poliestireno o el poliuretano.
4. Metales que reflejan el calor.

Los tipos de aislamiento industriales y de la construcción son:

- De relleno suelto y cemento.
- Flexible y semirígido.
- Rígido.
- De reflexión.
- Moldeados en el sitio.

Para tanques, recipientes y equipos, se aíslan normalmente con bloques planos o placas biseladas, segmentos curvos, formas de aislamientos de recubrimiento o asbesto rociado o aislamiento de fibras minerales con aglutinantes inorgánicos.

8.8.7 ESPECIFICACIONES DE PINTURA

Protección exterior anticorrosiva para tanques, silos, estructuras, racks y tubería en ambientes industriales.

- Pintura epóxica de altos sólidos.
- Pintura de poliuretano de altos sólidos.
- Primario epóxico.
- Poliuretano alifático.
- Aplicación por medio de equipo de aspersión convencional.

8.8.8 ESPECIFICACIONES DE EMBALAJE

En el momento de la preparación o el llenado, muchos recipientes para sólidos a granel se forran con una bolsa de película de polietileno, con la finalidad de evitar que se desborden las partículas finas, retrasar la liberación o la absorción de humedad o evitar la contaminación de los productos con los materiales de construcción del recipiente. ⁽²¹⁾

Las agencias que regulan la construcción y el tipo de embalaje son:

- Uniform freight classification committee.
- Department of transportation.
- National classification board of the motor freight industry.
- New england motor freight bureau.
- REA express.
- US coast guard.

8.8.9 MAQUETA ELECTRÓNICA

Es un modelo o reproducción a escala reducida en la que se presenta la localización y dimensiones de, equipos, HVAC, permite identificar las posibles interferencias de los equipos con tuberías, estructuras y canalizaciones en general, ver figura (9).

En la representación electrónica del arreglo mecánico tenemos lo siguiente:

- Equipo, ductos y accesorios de HVAC.
- Manejo de sólidos.



Figura (9).- Modelo electrónico de equipo mecánico

8.8.10 ENTREGABLES

- Hoja de datos de equipos y HVAC.
- Planos de recipientes y HVAC.
- Planos de plataformas y escaleras.
- Manuales de equipo.
- Memorias de cálculo de recipientes y HVAC.

9 SUPERVISIÓN DE LAS INTERFASES DE LA INGENIERÍA

Al hablar de la interrelación entre las disciplinas y equipos que conforman un proyecto, hay que partir del hecho de que todo ellos se encuentran enlazados y dependen de unos y de otros. Construcción no puede trabajar aisladamente, sin el apoyo de Ingeniería ni viceversa por ejemplo. Por lo tanto, aquí tenemos que para supervisar el trabajo entre las distintas disciplinas se requiere de dos clases de herramientas. La primera que agrupe a todas las disciplinas para saber un estado general del proyecto y como otro tipo de herramienta, una o varias que nos permiten determinar el estado específico de una disciplina. Pero no nada más la revisión de interrelaciones debe de realizarse entre disciplinas distintas, ya que también es necesario realizarse de forma interna en una disciplina. El caso más representativo, es la disciplina de Ingeniería ya que es conformada para el caso de proyectos industriales de las siguientes subdisciplinas:

1. Ingeniería civil
2. Ingeniería ambiental
3. Ingeniería estructural
4. Arquitectura
5. Ingeniería de proceso
6. Ingeniería de tuberías
7. Ingeniería mecánica
8. Ingeniería eléctrica
9. Ingeniería de sistemas de control

Cada integrante de estas subdisciplinas, debe de entender que su trabajo afecta a otras subdisciplinas. Si el ingeniero estructural diseña un rack (estructura de soporte) de tuberías y no toma en consideración la líneas de tuberías, dicha estructura no servirá de mucho. Si el ingeniero mecánico no comunica el peso correcto y la magnitud de carga dinámica de un equipo también al ingeniero estructural, la cimentación de dicho equipo será escasa o sobrada.

La manera más adecuada de prevenir semejantes problemas por una mala interrelación entre disciplinas y también a un nivel interno de disciplina, es mediante el seguimiento de procedimientos de trabajo elaborados y revisados periódicamente para que estos sean mejorados conforme se vaya adquiriendo experiencia. Cabe mencionar que dichos procedimientos de trabajo, pueden estar apoyados por programas de computación, como el P.D.S (Plant Design System).⁽¹⁹⁾

10 FUNCIONES DE LA PROCURACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES

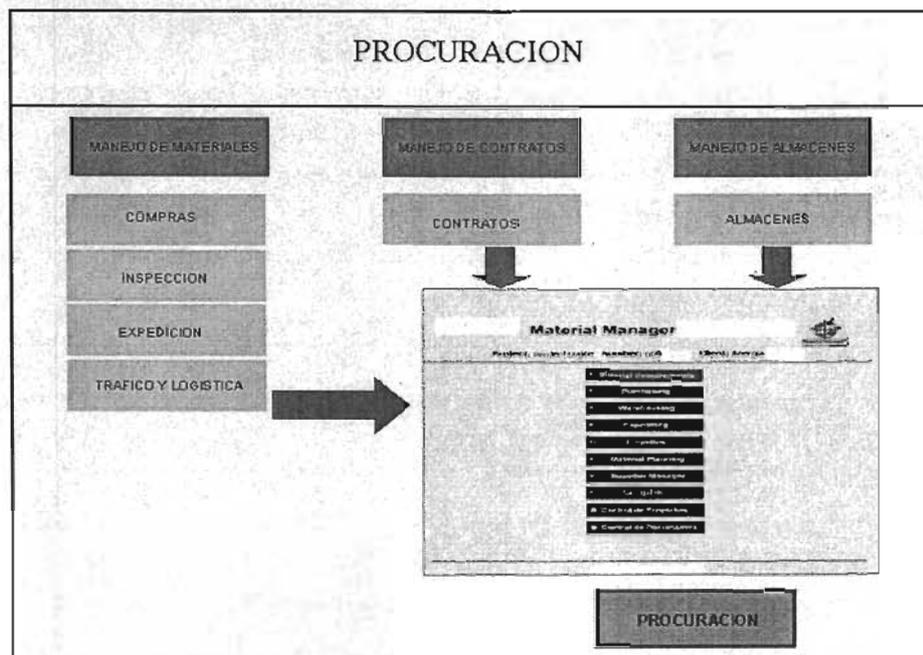


Figura (10).- Procuración de Equipos y Materiales

10.1 PROCURACIÓN

Un proceso efectivo de Constructabilidad requiere involucramiento temprano para la procuración global, contratación y funciones de administración de materiales. El esfuerzo de procuración debe ser sensible y responsable al programa de construcción. Como una regla general, el costo de material y equipo es de 55% a 65% del costo total en la mayoría de los proyectos ver figura (10).

El manejo de la fase de procuración puede hacer una contribución significativa para lograr la efectividad de costo y programa de un proyecto. ⁽⁵⁾

Muy a menudo, la ruta crítica en un proyecto grande correrá a través de uno o más conceptos de plazo de entrega del equipo principal. Debido a la importancia de identificación temprana de artículos que llevan largo plazo, la función de procuración debe quedar involucrada temprano en el proceso de constructabilidad. Cuantas veces sea posible, el gerente de procuración debe participar en el proceso de planeación en el propio inicio de la etapa conceptual de un proyecto. El conocimiento del gerente de procuración del estado actual de los niveles de fabricación del equipo principal y las potenciales tendencias pueden influir sustancialmente en decisiones y puede sugerir cursos de acción alternos que produzcan un costo mas oportuno y efectivo del proyecto.

La parte de procuración se podía dividir en tres áreas principales:

- Manejo de materiales
- Manejo de contratos
- Manejo de almacenes

El manejo de materiales incluye la compra de equipos y materiales, inspección, expedición y tráfico y logística.

10.1.1 REQUISICIONES

Es el documento que describe los equipos, materiales y/o servicios que se desean adquirir.

Las requisiciones elaboradas por los departamentos técnicos en los formatos (anexos), son enviadas al responsable de compras, a través del Ing. de proyecto debidamente acompañadas de la lista de materiales y especificaciones correspondientes autorizadas según lo indique el procedimiento de compras del proyecto.

Al recibir las requisiciones, el responsable de compras, deberá revisar que éstas contengan toda la información necesaria para que los proveedores puedan cotizar. Es muy importante que en esta primera fase de las compras, se cuide que el departamento originador de la requisición agrupe el mayor número de equipos, con objeto de no editar más concursos de los necesarios. Así por ejemplo, ver que en una sola requisición se agrupen todos los manómetros, todas (o casi todas) las bombas, todos los filtros del mismo tipo.

Una vez que fué recibida, revisada y hechas las aclaraciones que procedan con el ingeniero de proyectos o departamento técnico, se procederán a registrar la fecha de recepción en los formatos apropiados para ello.

El ingeniero de proyecto entregará los juegos de copias requeridos de cada requisición, se verificara que vengan todos los juegos completos.

El responsable de compras llevará un control de las requisiciones y en general del concurso durante el tiempo que dure el proceso de compras, este control permite en cualquier momento saber el estado que guarda la adquisición de un equipo, material o servicio.⁽¹⁸⁾

Los principales conceptos a registrar lógicamente son:

- Descripción del equipo
- La fecha en que se recibe la requisición y la lista de materiales
- Su número
- Los concursantes invitados
- Fecha de cierre del concurso
- Fecha de entrega
- Distribución de solicitudes
- Distribución de cotizaciones

REVISIONES

Es muy común que las requisiciones, las listas de materiales o las especificaciones según sea el término usado, sufran modificaciones durante el proceso de compras, estas modificaciones se llevarán a cabo por medio de revisiones al documento original, que en todos los casos deberán ser enviados al departamento de compras para su atención.

El que hacer, cuando se recibe una modificación a las especificaciones de un equipo determinado, depende básicamente de dos puntos importantes:

La magnitud del cambio

La etapa que se encuentre la compra del equipo.

Dependiendo del cambio de que se trate, la acción a tomar variará entre continuar con la compra del equipo o cancelar el concurso en cuestión.

En caso de que la decisión sea continuar con el proceso de compras, se pueden presentar innumerables situaciones, cada una a ser manejada en distinta forma.

Como un criterio general existen cuatro periodos durante los cuales se puede presentar una modificación.

1. - Los proveedores se encontraran cotizando y el concurso no se ha vencido.
2. - El concurso se ha vencido pero se está en periodo de la tabla comparativa o no se ha tomado la decisión.
3. - La orden de compra ha sido colocada e iniciada la fabricación.
4. - El equipo ha sido embarcado.

En resumen, el tipo o magnitud del cambio y los puntos anteriores tendrán que ser analizados antes de proceder con cualquier trámite relacionado con la revisión a las especificaciones.

Independientemente de la acción que se tome, es importante llevar el control de revisiones a las listas de materiales, especificaciones o requisiciones. Este control básicamente consigna el número de revisión, las hojas afectadas, la recepción por parte de compras, así como la acción que este departamento haya tomado.

10.2 MANEJO DE MATERIALES

La principal función del sistema de planeación de materiales es la de optimizar los materiales comprados por el proyecto para satisfacer en tiempo, calidad y cantidad los requerimientos de material de acuerdo a la secuencia de actividades identificadas en el programa de ejecución de construcción. Esto implica comparar el material requerido en los documentos de ingeniería (planos, isométricos, típicos, etc.) contra el material comprado además de los inventarios físicos para determinar si hay suficiente cantidad en existencia o si estará disponible cuando se requiera.

Para poder realizar la optimización de materiales en el proyecto integra tres elementos básicos:

- 1.- Requerimientos
- 2.- Inventario
- 3.- Programa

Aunado a estos tres elementos existe una serie de recursos que le permitirán al administrador de materiales del proyecto, poder diferenciar los materiales entre sí bajo diferentes criterios (lugar de instalación, tipo de conexión, tipo de material, secuencia de montaje, lugar de entrega, etc.) y con ello asociarlos a un determinado alcance de trabajo. ⁽⁹⁾

Entre estos recursos podemos citar:

- a) Estructura desglosada de trabajo (WBS)
- b) Destinos
- c) Clases y secuencias de fabricación

Esta información se encuentra asociada a los materiales cuantificados por Ingeniería en forma de listas de materiales depositadas en el sistema una vez que la volumetría se encuentra aprobada para construcción.

10.2.1 PAQUETES DE TRABAJO

Para hacer el análisis integral de los materiales, se debe fragmentar el alcance total de materiales requeridos en el proyecto en porciones medibles denominados paquetes de trabajo.

Para que el sistema reconozca los materiales asociados a un determinado paquete de trabajo, es necesario definir para cada paquete el ó los "filtros" necesarios para que de manera automática se realice la asociación de materiales a un solo paquete de trabajo.

No existen reglas mandatorias sobre la estructura de numeración que se deba adoptar para nombrar los paquetes de trabajo ya que dependiendo del alcance, complejidad y tamaño de cada proyecto, de los requerimientos, de la criticidad y del nivel de control deseado será diferente su organización para cada proyecto.

El único requisito es que se adopte una secuencia de numeración que responda a una estructura fácil de asociar al trabajo por ejecutar, además de facilitar al administrador de materiales la generación de reportes. ⁽⁹⁾

El conjunto de todos los paquetes de trabajo, ordenados por prioridades y necesarios para incluir el 100% de los materiales de un proyecto queda registrado en el sistema como un escenario. La información de un proyecto no quedará limitada a la posibilidad de analizarla bajo un solo escenario. El sistema de planeación tiene la habilidad de poder simular la utilización de materiales bajo diversos escenarios con secuencias de prioridades diferentes o bien asociar materiales en paquetes de trabajo por diversos criterios; incluso se pueden desarrollar escenarios que estén en función de la etapa en la que se encuentre el proyecto:

- a) Sistemas enterrados
- b) Prefabricado de tubería (diámetros mayores ó menores)
- c) Montaje en campo
- d) Cierre de líneas (por servicio ó sistema)
- e) Niveles (en el caso de plataformas)

Es importante mencionar que la distribución de materiales propuesta por el sistema es el resultado de un análisis estático y cada minuto que pasa la información del proyecto va cambiando por lo que los resultados que se generen serán válidos solo por un período de tiempo dependiendo de la etapa en la que se encuentre el proyecto; es decir, de que tan dinámica es la información. ⁽⁹⁾

Los reportes le permitirán al administrador de materiales, retroalimentar al personal de expeditación para que ejecute un seguimiento más efectivo, encaminando sus esfuerzos a dar seguimiento a las partidas con mayor prioridad o bien que afectan un mayor número de listas de materiales. La información también le permitirá al administrador de materiales determinar si es necesario buscar fuentes alternas de suministro cuando exista una fuerte afectación al programa o bien para reprogramar las actividades de construcción. En el caso de materiales faltantes, las acciones a seguir estarán encaminadas a determinar si se debe a que existen requisiciones de material que no ha sido comprado, o bien determinar si aún no se ha emitido por parte de Ingeniería la requisición de suficiente material para cubrir las cantidades requeridas en planos.

10.3 INSPECCIÓN

La inspección se puede definir como las actividades, tales como medir, probar, calibrar una o más características de un producto o servicio, y comparar ésto con requerimientos especificados para deterrninar el cumplimiento.

Es el grado de severidad en que se realiza una inspección, los cuales se clasifican en los siguientes:

- Inspección final.

Se realiza una sola inspección cuando un equipo y/o material está terminado.

- Inspección mínima.

Comprende una inspección inicial y una inspección final.

- Inspección programada.

Comprende un proceso de inspección de visitas programadas.

- Inspección permanente.

Inspección en forma continua e ininterrumpida durante la ejecución de una orden de compra.

Una de las responsabilidades del Inspector de calidad es revisar el paquete de trabajo y familiarizarse con la orden de compra y el plan de calidad del proveedor, así como monitorear los resultados de cumplimiento con los requerimientos y expectativas y evaluar a los proveedores.

Se debe contar con el plan de calidad detallado desarrollado específicamente por el proveedor para satisfacer los requerimientos de calidad de una OC (Orden de Compra). Se requiere que el plan integre las prácticas y procedimientos contenidas en el sistema manual de calidad de proveedores con los requerimientos de calidad de la OC. También se le conoce como plan de inspección y prueba.

El cuestionario del sistema de calidad es el documento que identifica el sistema de calidad, que el proveedor pretende implementar para una orden de compra. Además, el cuestionario requiere que el proveedor firme una hoja de compromiso indicando que el sistema identificado se implementará para esta orden de compra específica y que los requerimientos de calidad de la orden de compra se cumplirán.

El inspector es responsable de verificar la implementación del plan de calidad del proveedor cuando así está indicado en la instrucción de trabajo emitida por el coordinador de inspección. En el caso de órdenes en donde se requiere un plan "típico", la verificación e implementación no deberán ser un requerimiento de las instrucciones de trabajo. Los resultados de las actividades de inspección reflejarán la aceptabilidad de las actividades de inspección y prueba del proveedor. Sin embargo, si el trabajo es para una inspección "progresiva", el coordinador de inspección puede elegir el incluir los requerimientos de "verificación".

El inspector debe emitir reportes periódicos del estado del proyecto que reflejan desempeño en cuanto al presupuesto, nivel de actividad y áreas de preocupación, así como identificar y apoyar al proyecto en resolver las deficiencias de calidad del proveedor.

10.4 EXPEDITACIÓN

Implementar el programa de expeditación y monitorear el avance del suministro de equipos y materiales. Integrar el esfuerzo de seguimiento con la inspección general de taller. Dar seguimiento a la entrega de equipos mayores a fin de que ellos puedan ser transportados directamente a la cimentación siempre que sea posible.

Estar alerta a problemas potenciales de los vendedores e incrementar el esfuerzo de inspección y expeditación cuando ocurra la primer desviación. Todas las entregas principales están cerradas al programa de construcción y cualquier potencial desviación debe recibir un intenso esfuerzo de negociación. Experiencias pasadas han probado que es más eficaz y eficiente procurar equipo mayor punto de embarque en lugar de sitio de trabajo. Este enfoque produce mejor control de embarque y ayuda a asegurar la entrega a tiempo.

El establecimiento de un seguro, un plan viable y eficiente de almacenamiento y control de materiales son requeridos para proveer soporte de control de materiales a las operaciones de construcción. La entrada de Construcción durante el arreglo del sitio y la planeación es vital para el eficaz desarrollo de un plan. El plan de control de materiales debe establecer niveles de responsabilidad para distribución de material.

La expeditación consta de actividades realizadas para verificar que se cumplan los tiempos de entrega programados en cuanto al desarrollo de la ingeniería, suministro de materiales y actividades de fabricación para el cumplimiento con la orden de compra.

Se deberá establecer contacto con el representante del proveedor para poder llevar a cabo las actividades correspondientes al proceso de Expeditación:

- a) Revisará que el proveedor haya fincado los pedidos a los fabricantes para la obtención de las materias primas, materiales auxiliares y/o equipo y que la calidad y/o características cumplan con los requisitos de la orden de compra.
- b) Contactará y visitará a los subproveedores si el volumen de la compra lo requiere, o bien si la fecha de entrega se retrasa con respecto a la fecha compromiso en la orden de compra.
- c) Se asegurará que existe un programa de entrega de las materias primas, materiales auxiliares y/o equipo de los subproveedores del proveedor. Estos programas deberán incluir en lo posible, fechas de embarque, despachos de aduanas, etc.
- d) Verificará las recepciones de materias primas, materiales auxiliares y/o equipo de los subproveedores en la planta del proveedor.

El expeditador dará su opinión sobre si la fecha prometida podrá ser cumplida o no, las razones de cualquier atraso y las acciones que considere deben ser tomadas.

10.5 TRÁFICO Y LOGÍSTICA

Su responsabilidad es la planeación y control del movimiento de las mercancías desde su origen hasta su destino final; buscando obtener beneficios adicionales de costos, calidad y tiempo de entrega de los bienes a la empresa y/o cliente.

Un concepto importante es el **INCOTERMS** reglas internacionales elaboradas por la cámara internacional de comercio que sirven para interpretar la forma adquirida en términos comerciales. Lo cual se pretende fijar el lugar donde el vendedor queda obligado a situar la mercancía por su cuenta, así como los gastos y riesgos que corresponden a cada una de las partes; mismos que deberán ser especificados en los contratos, pedidos, etc.

Algunas de las responsabilidades del coordinador de tráfico y logística es recibir y canalizar las solicitudes de servicios de tráfico, asegurarse de que todas las solicitudes de tráfico sean atendidas oportunamente.

Controlar, vigilar y asegurarse del uso adecuado de los recursos humanos, financieros y materiales del área de tráfico y logística, asegurarse de que las conciliaciones de cuentas se lleven a cabo correctamente. ⁽⁵⁾

Proponer el esquema de operación en materia de tráfico y logística más adecuado al inicio de cada nuevo proyecto, con la máxima anticipación posible tomando en cuenta:

- El número de puntos de entrada al país que requiere el proyecto.
- Estudios de ruta.
- Las dimensiones y pesos de la mercancía a importar.
- El o los orígenes de la mercancía para efectos de cumplir con la normatividad de origen asegurando el beneficio de las preferencias arancelarias del tratado de libre comercio correspondiente.
- Los requerimientos especiales en términos de servicios de agencias aduanales y de transporte.
- La necesidad, en su caso, de contar con programas sectoriales u otros programas de fomento.
- El régimen aduanal pertinente para la operación.
- Las clasificaciones arancelarias de las mercancías.
- La infraestructura portuaria o fronteriza para ingresar la mercancía al país.
- La aplicación o no de la regla octava o alguna otra disposición que beneficie de manera especial la operación o proyecto del que se trate.

RUTAS ESPECIALES

Identificar las cargas demasiado grandes, conducir los estudios de campo de rutas de transportación, y coordinar con los ingenieros de maniobras las necesidades especiales de manejo y transportación.

10.6 CONTRATOS Y CONTRATISTAS

Un contrato es un acuerdo entre dos o más partes, por lo cual se obligan a sí mismas a cumplir con determinadas cosas.

El propósito de un contrato es proteger a ambas partes y asegurar que ciertas obligaciones serán realizadas en la manera prescrita.

10.6.1 FIRMAS DE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN (CONTRATISTAS)

Las continuas fallas, la negligencia, las malas relaciones con los clientes o, en general, un rendimiento pobre conducirían rápidamente a la ruina al negocio de cualquier contratista, puesto que su reputación es su capital más importante.

10.6.2 SELECCIÓN DEL CONTRATISTA

La selección de un contratista debe estar basada en un análisis de los precios propuestos obtenidos a través de las solicitudes de cotización y en la reputación o experiencia del contratista en ciertos tipos de trabajo.

Además, también se deben proporcionar descripciones completas de las obligaciones del propietario y del contratista el sitio propuesto para la planta, las facilidades de transporte, los servicios, las materias primas disponibles y los procesos que se han de utilizar.

Un diseño preliminar con objeto de hacer una estimación del costo para emplearla en sus propuestas que contenga:

- a. Descripción general del proyecto
- b. Alcance de trabajo del contratista
- c. Descripción de cada parte de la planta con diagramas de flujo y planos del terreno.
- d. Servicios estimados
- e. Equipo auxiliar que ha de construirse (almacenes, talleres, etc.)
- f. Lista y descripción breve del equipo principal (bombas, recipientes, intercambiadores de calor).
- g. Especificaciones mecánicas que han de seguirse.
- h. Establecimiento de la calidad del producto y de la capacidad de producción.
- i. Costos y honorarios propuestos.

El propietario debe tener sumo cuidado en aceptar una oferta baja de una firma desconocida, la inexperiencia puede causar errores y atrasos que más tarde pueden originar una situación de penalizaciones insostenibles.

Debe obtener del contratista los nombres y la experiencia del personal que será asignado al contrato, e investigar por inspección visual, instalaciones similares construidas por el contratista. El estado financiero también debe ser considerado en la selección de contratistas.

El mejor seguro para el propietario se finca en la capacidad y la integridad del contratista, comprobadas por medio de experiencias anteriores. Probablemente pueda demostrarse que la mayoría de los problemas entre propietarios y contratistas son el resultado de la ineptitud de personal del propietario o del contratista, lo cual conduce a malas interpretaciones de difícil solución y más tarde a consecuencias más serias.

Se supone que todas ellas son entre una firma de operación o propietario y una firma de ingeniería o contratista.

El propietario efectúa toda la ingeniería conceptual.

El propietario efectúa todo el diseño de proceso.

El contratista efectúa procuración, erección y operación inicial: este tipo de contrato a veces se denomina contrato "IPC".

10.6.3 TIPOS DE REEMBOLSOS

La clasificación de contratos de acuerdo con el modo de reembolso es el método más conocido y el más importante desde un punto de vista legal y de negocios. De hecho, los contratos por lo general se denominan de acuerdo con la política de reembolso.

10.6.4 CONTRATO A PORCENTAJE

Mano de obra de oficina, por lo general son del orden del 105 a 115% del costo real, de construcción es de 110 a 125%.

Si el contratista procura todos los materiales y equipos de la planta, suele cargarlos a un porcentaje comprendido entre el 105 y el 115% del precio real.

Por lo general el propietario también ejerce un pleno control de todas las partidas gastadas o desembolsos efectuados; así que, en cierto modo, el propietario es más responsable de los costos que el contratista.

Muchas de las más grandes empresas de proceso prefieren el contrato a porcentaje con respecto a otros tipos de contrato, ya que eso les da mucha más libertad y control sobre el contratista.

Sin embargo, los contratista experimentados generalmente prefieren un arreglo a precio fijo.

10.6.5 CONTRATO A PORCENTAJE CON HONORARIOS

El contrato a porcentaje con honorarios fijos es similar a la forma normal de contrato a porcentaje, con excepción de que el contratista puede únicamente ganar unos honorarios especificados.

10.6.6 CONTRATO A PRECIO ALZADO O PRECIO FIJO

El contratista se compromete a realizar ciertos servicios que son especificados en detalle por el propietario en una solicitud de presupuesto, o por el contratista en una oferta. Estos contratos a menudo causan malas relaciones entre las partes debido a interpretaciones opuestas de las especificaciones o planos originales.

El contrato a precio fijo para la planta de proceso requiere la preparación de una estimación detallada. La solicitud de cotización del propietario para la obra a precio alzado o a precio fijo, deber ser mucho más detallada que para otros tipos de contratos ya que tienen provisiones para contingencias.

10.6.7 CONTRATO DE MAXIMO GARANTIZADO

El contrato de máximo garantizado es similar al contrato a precio alzado, excepto que el precio garantizado puede ser aplicado únicamente al material (y equipo), o únicamente a la mano de obra.

10.6.8 LA FORMA DEL CONTRATO

Consta de dos partes. La primera de ellas se llama convenio. Incluye una descripción del objetivo general del trabajo, generalmente por medio de referencias. La segunda parte consiste en las condiciones generales, con fecha de terminación, cancelación, subcontratos, seguros y otros términos.

Una propuesta para un contrato de ingeniería, se divide en dos partes construidas por (a) proceso y (b) especificaciones mecánicas.

Las especificaciones de proceso describen detalladamente el proceso. Las especificaciones mecánicas comprenden listas y descripciones de todo el equipo por medio de apuntes y anotaciones. Las especificaciones generales para equipos puramente mecánicos, tales como bombas o compresores, quedan incluidas con suficiente detalle para permitir a los fabricantes hacer sus estimaciones de precios.

La mayoría de las especificaciones incluidas en una propuesta no son completas, ya que una parte considerable de la ingeniería que habrá de efectuarse inmediatamente después de firmar el contrato, consiste en el desarrollo de especificaciones.

10.7 MANEJO DE ALMACENES

El Jefe de Almacén o la persona designada por el proyecto es responsable de dar seguimiento a lo establecido en las órdenes de compra, en cuanto a niveles de mantenimiento y conservación requeridos, así como de las partes de repuesto, y almacenar los equipos, materiales e instrumentos de acuerdo a los requisitos establecidos por el proveedor.

En la orden de compra se definirá claramente la información documental que el proveedor deberá entregar referente al nivel de mantenimiento y conservación requerido y sus frecuencias, así como los materiales y partes de repuesto, para los equipos e instrumentos suministrados.

A la recepción del equipo, en almacén, se llevará a cabo el proceso de inspección detallada y completa para detección de daños y deterioros ocurridos durante la transportación del equipo o materiales y revisar que llegue toda la documentación requerida en la orden de compra.

El Jefe de Almacén se asegurará que todos los requerimientos establecidos en la orden de compra sean liberados antes del arribo de los equipos al sitio del proyecto: Acta de Liberación, Manuales de Operación y Mantenimiento.

Es necesario que el Jefe de Disciplina de Construcción junto con el Jefe de almacén desarrollarán el programa de mantenimiento y conservación de materiales permanentes.

Al personal de Almacén los reportes le facilitarán la tarea de saber que materiales se encuentran en existencia para procesar vales de salida de los cuales se tiene la certeza de que el material existe.

El personal de construcción se abocará al material que se encuentra disponible para disponer de él en función de los trabajos por ejecutar y tomando en consideración lo que ya ha sido retirado. Para completar los trabajos con pendientes tendrá en consideración las fechas pronóstico de llegada de los materiales faltantes.

10.7.1 EXPEDITACIÓN, TRÁFICO E INSPECCION DE TALLER

Para asegurar que las fechas requeridas en campo por construcción son cumplidas y que el movimiento y entrega de equipo al sitio procede llanamente, énfasis significativo debe ser puesto sobre los planes de expeditación e inspección de taller.

10.7.2 ESPACIO DE ALMACENAMIENTO

El plan de control de material debe proceder primero con la evaluación y determinación del espacio adecuado de almacén y patios para almacenar material y equipo. El almacén permanente de la planta debe ser usado cuando sea posible para propósitos de construcción. Esto requerirá de un diseño y construcción temprana de esta facilidad. El almacén y los patios de almacenamiento deben ser ubicados para facilitar el acceso y movimiento de materiales. Si las condiciones del sitio restringen el espacio disponible, se deben considerar patios de almacenamiento externos a la planta. Cuando sea posible, en grandes proyectos, es conveniente establecer almacenes y patios de almacenamiento cercanos a las principales áreas de trabajo. ⁽¹⁸⁾

11 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS CLAVES DE LA CONSTRUCCIÓN



Figura (11).- Elementos claves de la Construcción

11.1 CONSTRUCCIÓN

Constructabilidad, es el óptimo uso de los conocimientos y la experiencia en construcción en planeación, diseño, procuración y operaciones de campo para conseguir los objetivos globales del proyecto, ver figura (11).

11.2 PREPARACIÓN DEL SITIO

Dentro de las actividades principales correspondientes a la preparación y acondicionamiento del sitio se tiene contemplado la limpieza de basura, escombros, capa vegetal y toda clase de desperdicios que se localicen en el sitio donde se desplantarán las áreas y demás instalaciones, el producto de la limpieza será depositado en el tiradero de basura. También se tienen contemplados todos los trabajos necesarios para liberar las interferencias causadas por instalaciones existentes en las áreas asignadas para el proyecto y su posterior retiro de material producto de estos trabajos, así como su acarreo y disposición final al lugar de tiro correspondiente...⁽¹²⁾

11.3 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

Se realizarán levantamientos topográficos que son necesarios para establecer referencias de niveles y coordenadas para los trabajos a ejecutar, estas referencias se trasladarán desde el sitio donde se encuentren las referencias que serán entregadas. las cuales servirán de base para localizar los desplantes de las plantas que integran este Paquete. Durante la ejecución de estos trabajos se colocarán mojeneras de concreto con la finalidad de contar con puntos de referencia y de control dentro del sitio de los trabajos, mismas que serán ubicadas en lugares convenientes y señalizadas cada una de ellas con coordenadas geográficas.

11.4 TRABAJOS DE MEJORAMIENTO DEL TERRENO

Para la ejecución de estos trabajos consta de dos métodos para mejoramiento del suelo uno para tratar el estrato superficial y otro para tratar el material que se encuentra localizado en el estrato intermedio. Para tratar el Estrato superficial se planea la utilización del método de compactación dinámica, el cual consiste en dejar caer una masa repetidamente desde una cierta altura.

Las masas podrán ser bloques de acero ó una serie de placas de acero sujetas entre sí, las masas se dejaran caer de dos a diez veces en el mismo lugar siguiendo un patrón de cuadrícula con espaciamientos entre 1.80 y 5.00 mts. Para tratar el estrato intermedio se planea la utilización del método de inyecciones de compactación el cual consiste en la inyección a presión de un mortero o lechada densa de cemento arena y bajo revenimiento a través de tubos de acero hincados en el suelo por medio de compactación.

11.5 FABRICACIÓN DE PRECOLADOS DE CONCRETO

Por lo regular esto se realiza cuando se tenga aprobada para construcción la ingeniería de detalle correspondiente y el área definida para las mesas de trabajo a utilizarse en la fabricación de precolados, se procede a la fabricación de los mismos, dando el correcto seguimiento al programa de fabricación previamente establecido, y en el cuál se determinarán las prioridades de fabricación, están en función de las necesidades por área; entre los elementos previstos a ser precolados se tienen, entre otros, los siguientes:

- Pilotes.
- Marcos para racks de tuberías.
- Trabes de liga de marcos para racks de tuberías.

Para el colado de estos elementos se utilizarán cimbras del tipo metálico y/o cimbra modulada en tableros, teniendo cuidado de limpiar y proteger la cimbra después de ser utilizadas en cada colado.

11.6 EXCAVACIONES

Previo al inicio de los trabajos en las áreas donde se instalan pilotes y construyen pilas se excavan cepas en las áreas de desplante de racks, edificios de coque y hornos, sin llegar al nivel freático, de tal forma que puedan transitar en seco los equipos para mejoramiento de suelos e hincado de pilotes después de esto se procede con el hincado de pilotes y la construcción de pilas.

De igual forma para las excavaciones correspondientes a drenajes, trincheras, ductos eléctricos y edificios, se procederá a ejecutar la excavación, de acuerdo al diseño, considerando las coordenadas y niveles de desplante indicadas en los planos. Una vez efectuadas las excavaciones se instalarán plantillas de concreto o camas de arena en los drenajes, según sea aplicable...⁽¹⁶⁾

11.7 HINCADO DE PILOTES Y FABRICACION DE PILAS

Una vez concluidos los trabajos de mejoramiento de suelos sobre la base de las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, se procederá con el hincado de pilotes así como la construcción de pilas.

Para el hincado de pilotes se realizará una perforación previa hasta la profundidad para desplante del pilote, al concluir esta perforación, se efectuará el hincado de la primera sección del pilote, el puntero, dejando un tramo pendiente de hincar, lo suficientemente largo para poder llevar a cabo la conexión, entre el puntero y el seguidor, a partir de soldadura perimetral en las placas de conexión embebidas en los extremos de cada una de las secciones, posteriormente a la conexión se procederá al hincado de la segunda sección del pilote, el seguidor, cada uno de los pilotes deberán ser hincados en la jornada en la que inicio el hincado, no se dejara ningún pilote semi-hincado. Al concluir el hincado se procederá con el descabece de cada uno de los pilotes, para descubrir el armado para estar en condiciones de traslapar el acero de refuerzo de la cimentación a desplantar, en caso de excesos en las longitudes de traslape podrá efectuarse el corte del acero sobrante.

En lo referente a la fabricación de pilas, se procederá a efectuar una perforación previa a la profundidad de desplante de proyecto, esta profundidad cumplirá con lo indicado en la ingeniería de detalle, la que se estima puede ser cuatro diámetros de la pila dentro del estrato resistente, la excavación será ademada con bentonita con la finalidad de evitar, los posibles derrumbes. Posteriormente se procederá con la instalación del acero de refuerzo el cual será prearmado en exterior, estos elementos prearmado contarán con separadores en su perímetro para mantenerlo en posición centrada dentro de la perforación. Una vez que se haya introducido el acero de refuerzo y haber efectuado las verificaciones de calidad necesarias se procederá a la colocación del concreto, el cual será colocado a través de mangueras ó tubería flexible con la finalidad de evitar segregación de los agregados. De igual forma que en el caso del hincado de los pilotes, una vez colada la pila se procederá a los preparativos para el descabece de la pila, para descubrir el armado para estar en condiciones de traslapar el acero de refuerzo de la cimentación a desplantar, en caso de excesos en las longitudes de traslape podrá efectuarse el corte del acero sobrante.

11.8 CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES

En lo referente a la construcción de cimentaciones para equipos, marcos, soportes de tubería, tanques de almacenamiento, recipientes y edificios, éstas serán construidas basándose en los planos emitidos por ingeniería teniendo actividades como son:

Actividad topográfica de Construcción

Almacenamiento, Habilitado y Colocación de Acero de Refuerzo

Habilitado y Colocación de Cimbra y Obra Falsa

Colocación de Embebidos en Estructuras de Concreto

Elaboración, colocación y post-colocación de concreto,

Rellenos Compactados con Material de Banco o Productos de Excavación

PRECOLADOS

En el precolado de los marcos se incluirán todos los herrajes y preparaciones para recibir otras estructuras según indique la ingeniería de detalle, en caso de requerimientos posteriores, se podrán realizar demoliciones, una vez instalado el marco, será protegida contra la corrosión de acuerdo procedimiento de aplicación de protección anticorrosivo de superficies. Para el montaje de marcos precolados se contarán con equipos de montaje adecuados y suficientes.

11.9 CONSTRUCCIÓN DE DRENAJES

En lo referente a la construcción de drenajes, estos se construirán en función a la ingeniería de detalle aprobada y tomando en cuenta la clasificación de los mismos de acuerdo al servicio y de conformidad con las normas aplicables. En dicha clasificación se considerarán drenajes pluviales, aceitosos, químicos y sanitarios.

El material de la tubería, para cada uno de los tipos de drenaje tiene que ser conforme a lo indicado en la Ingeniería de detalle y las especificaciones del contrato. Después de haber instalado y haber realizado las pruebas se continuará con el relleno de la zanja abierta, con material sano. En las tapas de los registros de drenaje se colocarán flechas metálicas ahogadas en el pavimento para indicar la dirección del flujo del drenaje respectivo.

11.10 PAVIMENTOS, BANQUETAS Y GUARNICIONES

Los pavimentos, banquetas y guarniciones deberán ser construidos con las dimensiones, resistencia del concreto, y el acero de refuerzo indicados por la ingeniería de detalle y las especificaciones del contrato. El concreto en todos los casos, de estos elementos será pre-mezclado, salvo en aquellos casos especiales que por ser volumen menor y dependiendo del tipo de elemento.

Los pavimentos serán construidos con "parte-aguas" o pendientes hacia los registros de los drenajes pluviales de acuerdo con la ingeniería de detalle y las normas aplicables. Además, la superficie de los mismos, será antiderrapante.

Los pavimentos que contengan, trincheras o cualquier tipo de canalizaciones deberán ser cubiertos con losas precoladas manejables en peso por personal de mantenimiento, en caso de que la canalización sea de un ancho mínimo se consideraran rejillas, esto de acuerdo con la ingeniería de detalle.⁽¹²⁾

11.11 CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, CASETAS Y COBERTIZOS

Para la construcción de los edificios, casetas y cobertizos considerados para este paquete, y en concordancia con la ingeniería de detalle, se deben efectuar el trazo y localización de cada una de las estructuras para proceder con la construcción de la cimentación de desplante y continuar posteriormente con la superestructura, para la construcción de edificios se trata de utilizar concreto preferiblemente del tipo premezclado, en caso de volúmenes menores de dos metros cúbicos ($2m^3$) se fabricará en obra mediante la utilización de pequeñas revolvedoras, se prevé el cumplimiento de las pruebas correspondientes, de acuerdo a la normatividad aplicable.

Todos los elementos de concreto reforzado estructurales visibles deben ser con acabado aparente independientemente que vaya pintado o no. Además se planea incluir todas las instalaciones subterráneas o ahogadas en muros, traveses, columnas o losas, con el fin de evitar tener que demoler (parcial o total) o ranurar elementos estructurales o muros de acabado aparente, ésto de acuerdo a lo indicado en los planos de diseño.

Si las condiciones ambientales y climatológicas de la zona lo requiere se deben de instalar los sistemas de impermeabilización en azoteas y recubrimientos exteriores en los muros cumpliendo con las recomendaciones de los proveedores de los materiales, planos de ingeniería de detalle y normas aplicables.

11.12 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Se sugiere como estrategia general que toda la estructura metálica sea fabricada en taller, con la finalidad de evitar al máximo las soldaduras en campo, esto incluye la estructura montada sobre soportería de concreto, esto con la finalidad de minimizar las soldaduras que deberán ser efectuadas en campo. En el taller de fabricación sugiere aplicar el recubrimiento primario y de enlace dejando únicamente la aplicación en sitio de la última capa. Para efectos de montaje de la estructura metálica se debe establecer un plan para contar con el equipo necesario y adecuado, dependiendo de la secuencia y prioridades que se establezcan buscando continuidad en las actividades subsecuentes. Dentro de las actividades a ejecutar como estructura metálica y de acuerdo a los planos y dibujos de diseño se puede clasificar la misma en: estructura metálica para racks de yuberías (soportes y puentes) y estructura para edificios.

11.13 PROTECCIÓN CONTRAFUEGO A ESTRUCTURAS METÁLICAS Y EQUIPOS

Se debe realizar la aplicación de concreto aislante, para protección a estructuras metálicas y faldones de los equipos de las Unidades, de acuerdo con las normas, códigos, regulaciones vigentes. En todos los casos, la superficie estará limpia, libre de grasa u óxido. Para proceder con la instalación de la protección contra fuego a estructuras metálicas deberá ser una vez que éstas han sido terminadas en su totalidad y debidamente inspeccionadas. La instalación de protección contra fuego a equipos se ejecutará después de que éstos hayan sido instalados en su base, plomeados y/o nivelados, probados hidrostáticamente, en su caso, debidamente inspeccionados.

11.14 RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS

Primeramente se aplicará limpieza con chorro de arena en el grado de limpieza requerido por las especificaciones contractuales mediante la utilización de materiales abrasivos, para proporcionar el perfil de anclaje requerido y así obtener la adherencia necesaria del primario y acabado. Una vez terminada la limpieza se procede a limpiar el polvo con brocha. Esto evitará que al aplicar el primario se pierda adherencia. El sistema de recubrimientos se prepararán de acuerdo con lo indicado en las fichas técnicas de los materiales que serán utilizados y podrán ser ejecutados manualmente mezclándolo con un agitador metálico

Se tendrá especial cuidado con las condiciones climáticas cuidando que los recubrimientos no sean aplicados cuando la temperatura sea inferior a 4° C y mayor a 43° C y/o cuando la humedad relativa sea mayor al 85%. Para la liberación de los elementos recubiertos se aplicaran pruebas de adherencia y se elaborarán reportes donde indique identificación del elemento, longitud y/o cantidad liberada indicando los números de reporte de pruebas de la adherencia.

11.15 AISLAMIENTO TÉRMICO EN TUBERÍA, ACCESORIOS Y EQUIPOS

El aislamiento térmico se aplicará en tuberías, accesorios y equipos de acuerdo con lo indicado en la ingeniería de detalle y que por condiciones de temperatura y seguridad sean requeridos por lo elementos en los que habrá de colocarse el aislamiento. Se verificará que los materiales suministrados cumplan con los certificados de calidad y se encuentren en condiciones de uso y conservación. De acuerdo con la ingeniería, el aislamiento térmico se clasifica para conservación de calor, control de procesos, protección personal y control de ruido. El aislamiento térmico sólo será instalado después de que los elementos sean liberados. Es requisito que todas las tuberías, accesorios y equipos estén limpios de grasa, óxido y escoria antes de iniciar la colocación del aislamiento.

Cuando se aplique aislamiento en multicapas, las juntas deberán ser colocadas alternando con las capas interiores con un mínimo de 50 mm. Se tendrá especial cuidado en todo lo que son accesorios, entradas hombre y soportes para verificar que queden bien sellados. ⁽¹¹⁾

11.16 OBRA MECÁNICA

MONTAJE DE EQUIPOS

En cuanto las cimentaciones hayan sido liberadas, se procederá al trazo de ejes topográficos, enseguida se colocan las placas de nivelación entre 1 y 2 mm por debajo de la elevación de proyecto. Posteriormente se efectuará el montaje de las bombas o equipos, montadas sobre un bastidor estructural de acero. Luego se procederá a efectuar el plomeo, la nivelación y alineación utilizando laines de acero inoxidable para darles elevación.

Una vez que los componentes han quedado en su posición, plomeados y nivelados a la elevación se colocara el grout no metálico, Después de 3 días de fraguado el grout, se efectuará al apriete definitivo y torque de las anclas con un torquímetro debidamente calibrado.

11.17 OBRA DE TUBERÍAS

Se debe tener especial cuidado en la clasificación de los diferentes tipos de material, los cuales estarán marcados de acuerdo a sus códigos de colores para evitar equivocaciones durante el manejo de los mismos.

ÁREA DE CORTE Y BISELADO

Todos los isométricos de taller deberán ser seccionados para indicar en cada uno la longitud de tubería, esto es descontando los accesorios, esto facilitara al operario de campo su trabajo de corte y biselado. Todo lo que aquí se prefabrique será para el área de armado de Spool's, de acuerdo a los isométricos del proyecto.

ÁREA DE ARMADO SPOOL'S

Aquí se armaran todos los Spool's de acuerdo al isométrico y se puntearan únicamente, para ser trasladados al área de soldadura. Se formaran dos frentes, uno para el armado de piezas que se puntearán con el proceso de soldadura por arco directo para tubería de acero al carbón y el otro para el acero de aleación que se punteará por el proceso de arco protegido con gas y por arco directo.

ÁREA DE SOLDADURA

Esta sección se dividirá en área de soldadura por arco directo y área de soldadura con gas argón, esto de acuerdo al tipo de material por soldar.

SOPORTERÍA PARA TUBERÍA

Toda la soportaría deberá ser prefabricada en taller de acuerdo a típicos e Isométricos, en material de acero al carbón y Aleación, posterior a su fabricación serán liberados y pintura para su aplicación.

Todos los soportes a base de elastómero con poliuretano serán suministrados prefabricados con su resina epóxica para su adherencia a la tubería durante su montaje.

RECUBRIMIENTOS

Toda la tubería recta y accesorios deberá ser retirada del almacén por medio de vales y de acuerdo a Isométricos liberados para construcción los cuales serán transportados al área de recubrimiento para la aplicación de limpieza con chorro de arena y primario.

MONTAJE DE TUBERÍA EN RACKS

La obra civil deberá entregara los rack's nuevos con la liberación para el montaje de tuberías con su soportaría definitiva y en los niveles indicados en isométricos.

La tubería en tramos de 12 metros debe ser alineada, punteara, soldara al nivel de piso en 2 y 3 tramos y se le instalarán los soportes definitivos sacando medidas físicas en campo de su localización y evitar errores al respecto, para esto se contara con personal de topografía para los diferentes levantamientos topográficos para la alineación y nivelación de la tubería y sus soportes en los rack's. ⁽¹¹⁾

MONTAJE DE VÁLVULAS

Todas las válvulas deberán ser montadas ya probadas y con sus empaques y espárragos definitivos, siempre y cuando ya no se retiren.

RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EN TUBERÍAS

Primeramente se aplicará limpieza con chorro de arena a metal blanco, para dar el perfil de anclaje y así obtener la adherencia requerida para el primario y acabado. Una vez terminada la limpieza se procede a limpiar el polvo con brocha, ésto evita que al aplicar el primario pierda adherencia. Los recubrimientos no deben aplicarse cuando la temperatura sea inferior a 4 °C y mayor a 43 °C y cuando la humedad relativa es mayor al 85%.

11.18 OBRA DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

INSPECCIÓN DE MATERIALES , INSTRUMENTOS

Esta inspección debe realizarse al ser recibidos los insumos en el almacén. El objetivo de esta actividad tiene una gran importancia; ya que permite determinar si los materiales, instrumentos y equipos de instrumentación que se instalarán en el proyecto, cumplen con los siguientes requisitos:

- a) Sean nuevos y no hayan sufrido daños durante su transportación.
- b) Son los requeridos de acuerdo con sus especificaciones.
- c) Se recibe con toda la documentación de control de calidad y procuración solicitadas con la orden de compra.

Las pruebas, verificaciones y calibraciones que requiere la Instrumentación tiene como objetivo cumplir con los siguientes requisitos:

- Asegurar que los Instrumentos: soportarán las condiciones de operación a las que serán sometidos en el arranque y durante la operación normal de las plantas.
- Asegurar que los instrumentos; son los requeridos, tienen el desempeño (performance) y funcionan correctamente como se espera de éstos, según el trabajo que realizarán y de acuerdo con lo indicado en sus hojas de especificación e información complementaria.

INSTALACIONES DE SOPORTE DE INSTRUMENTOS

La importancia de esta actividad consiste en que determina en gran medida la funcionalidad y calidad final de todo el trabajo que se realizará a partir de la instalación del soporte del instrumento. Debido a que la ubicación definitiva del soporte se determina en campo, se tendrá especial cuidado de que no existan interferencias con otras instalaciones, y los Instrumentos que soportarán sean adecuadamente accesibles para su operación, mantenimiento, visibles, y finalmente funcionen apropiadamente, según el tipo de configuración que los instrumentos requieran de acuerdo con la función que realizarán al ser integrados a la planta.

INSTALACIONES DE INSTRUMENTOS

La instalación de los instrumentos se debe realizar de una manera ordenada en coordinación con el avance de construcción de la obra electromecánica.

Los instrumentos se instalarán de acuerdo con las normas y prácticas más apropiadas, así como las instrucciones de los fabricantes, según sus características y el trabajo de realizarán. Se tendrá especial cuidado de proteger adecuadamente los instrumentos de posibles daños durante el tiempo que transcurra hasta la terminación de la obra.

INSTALACIONES DE CHAROLA, TUBERÍA CONDUIT Y CABLEADO

Se tendrá cuidado de que esta canalización no resulte con daños, evitando que sea utilizada como andamiaje ó andador, ya que estas instalaciones no se diseñan e instalan para este propósito.

El cableado de las señales de las señales de medición y control deben realizarse de acuerdo a los planos de ingeniería de Detalle. ⁽¹¹⁾

PRUEBAS DE CONTINUIDAD

La verificación de la prueba de continuidad y la conexión de circuitos se realizará de manera que facilite la posterior verificación de los lazos de control.

El objetivo de estas actividades, consiste en asegurar que **las estrategias de control desarrolladas entre los sistemas de control y la instrumentación de campo**, funcionan de acuerdo a lo esperado según su diseño y especificaciones.

11.19 OBRA DE ELÉCTRICA

Los trabajos de obra Eléctrica se dividen en los siguientes rubros importantes:

- Sistema de tierras.
- Canalizaciones.
- Montaje de equipo eléctrico.
- Cableado.
- Luminarias.
- Prueba de aislamiento.

SISTEMA DE TIERRAS

Esta es la primera actividad de la obra eléctrica que se iniciara en coordinación con la disciplina de obra civil en las áreas donde no habrá interferencias. Donde existan interferencias esta actividad debe iniciar después de realizar las cimentaciones y sistemas enterrados donde se puede dañar al sistema durante la excavación.

Todas las conexiones al sistema de tierras visibles o subterráneas deben realizarse por personal capacitado y la herramienta adecuada para esa actividad.

Todas las conexiones atomilladas deberán ser apretadas al máximo permitido a fin de evitar falsos contactos.

Una vez terminada la instalación de toda la red del sistema de tierras debe realizarse la medición de resistencia de tierras correspondiente la cual no deberá rebasar los valores de diseño. Si se da el caso de que no se logren los valores deseados se tomarán acciones aprobadas por ingeniería colocando mas electrodos o enriqueciendo el terreno con el material adecuado.

CANALIZACIONES

La charola para cables y sus accesorios se instalarán de acuerdo a los planos de diseño. El tipo y tamaño de charolas será el especificado en los planos.

Esta actividad está ligada con la construcción de la estructura para el rack de tuberías y con la instalación de la tubería de proceso ya que una mala coordinación puede ocasionar serios daños a las charolas.

Se traza la ruta previendo evitar en lo posible las interferencias con estructuras o tuberías.

Una vez que el total de cables ha sido tendido, "peinado", amarrado con el material adecuado y habiendo realizado las pruebas correspondientes a los cables, se procederá con la colocación de la tapa de la charola, siendo esta la etapa final de esta canalización.

MONTAJE DE EQUIPO ELÉCTRICO

Se dará especial atención y prioridad a la ejecución de los trabajos para lograr la disponibilidad oportuna de los equipos y sistemas críticos o principales

En todas las maniobras de carga, descarga y transporte de los equipos eléctricos, se deberá de asegurar que estas se ejecuten correctamente, con maquinaria, herramienta y personal capacitado para evitar daños a los equipos eléctricos. Estos equipos deben de retirarse del almacén y ser trasladarlos al área de instalación, empacados con los embalajes suministrados por el proveedor, el área de instalación debe estar libre de obstáculos para el adecuado manejo para evitar cualquier tipo de golpe o ralladuras.

Una vez terminadas las pruebas a los cables que entran a las subestaciones y llegan a los tableros; se procederá al sellado de todas las penetraciones en muros y equipos con el material adecuado.

CABLEADO

Antes de realizar el corte del cable se verificará físicamente la longitud de la trayectoria, el tipo y calibre del conductor así como que cumpla con las características indicadas en los planos de diseño.

Esta verificación tiene por objeto asegurarse que las dimensiones marcadas en los planos de diseño corresponden a las físicas construidas; queda prohibido efectuar el corte del cable si no se ha efectuado la actividad de verificación física de la trayectoria.

Una vez efectuado el corte del cable, los extremos deberán protegerse contra la penetración de humedad e impurezas mediante una capa traslapada de cinta vinílica.

Antes de iniciar la instalación del cable se verificará se cumpla con los siguientes requisitos:

Las charolas y ductos subterráneos en los cuales se instalarán los cables deberán ser previamente inspeccionados para verificar su limpieza e identificación. Estas canalizaciones deberán estar libres de elementos tales como basura, suciedad y piedras que impidan la instalación del cable.

De igual manera se deberá verificar visualmente que las charolas y ductos sobre los cuales se va a instalar el cable estén correctamente fijados.

Para facilitar el cableado, los carretes se colocarán cerca de uno de los extremos de la ruta cuidando en todo momento su protección con maderas a fin de evitar daños por caídas.

El cable debe instalarse por la ruta especificada en la lista de cables. Durante la instalación de los cables en los ductos subterráneos o tubo conduit podrá ser utilizado talco industrial o lubricante para cable para facilitar el jalado, así mismo los extremos de los ductos y tuberías se deberán proteger para evitar daños al cable durante el jalado. La identificación de los circuitos debe realizarse en acuerdo a lo indicado en los planos de ingeniería.

Al terminar la instalación de cable de fuerza y energía se deben de realizar pruebas de aislamiento a los conductores de baja tensión y pruebas de resistencia de aislamiento y alto voltaje a los conductores de media tensión. Ambas pruebas deben de efectuarse con equipos calibrados.

Inmediatamente después de haber sido instalado el cable, pero antes de proceder a instalar terminales y empalmes se deberá realizar una prueba de aislamiento con el equipo apropiado, con la finalidad de determinar que no exista una falla drástica entre elementos del sistema, producida durante la instalación del cable.

LUMINARIAS

Almacenamiento de luminarias: las luminarias deberán almacenarse en un lugar seco y bajo techo.

Una vez que las luminarias han sido inspeccionadas, habilitadas y probadas en taller de campo se deben enviar al área para que sean instaladas de acuerdo a los planos de diseño.

Una vez que las luminarias han sido inspeccionadas, habilitadas y probadas en taller de campo se envían al área para que sean instaladas de acuerdo a los planos de diseño.

La altura de instalación, deberá respetarse la altura indicada en el diseño, para cumplir con los niveles de iluminación requeridos.

Al finalizar la instalación del sistema de alumbrado, deberán verificarse los niveles de iluminación para asegurar que cumple con los niveles requeridos en el diseño.

Antes de ejecutar las terminales o empalmes en los cables, se cumplan lo siguiente:

Se deberá asegurar que los conductores no sufran daño durante la preparación del empalme o terminal.

Todas las conexiones y empalmes se deberán realizar en estricto apego a lo indicado en los planos de conexión aplicables.

En la entrada de cables a los equipos o cajas de terminación se deberá tener cuidado con los dobleces realizados al cable durante la conexión al equipo evitando radios de curvatura menores a los recomendados por el fabricante y la norma.

Los conductores de circuitos de reserva se agruparán dentro de las cajas, tableros y otros compartimentos para terminación, de forma tal que su longitud sea mayor que la de los otros conductores programados en el punto de terminación.

PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Para cables de media tensión se verificará que sean cumplidos los requisitos siguientes para efectuar las pruebas de resistencia de aislamiento.

Se aplicará un voltaje de prueba de 5000 volts entre el conductor y cable de tierra; esperando normalmente un minuto para la estabilización de la lectura y posteriormente anotar el valor de la resistencia de aislamiento.

El Criterio de aceptación debe ser de 100 megohms, si se encuentra un valor inferior deberá cerciorarse que es superior al valor mínimo aceptable.

Prueba de resistencia de aislamiento. Para cables de baja tensión se verificará que se cumpla lo siguiente:

Aplicar un voltaje de prueba de 500 volts entre el conductor y el cable de tierra esperando normalmente un minuto para la estabilización de la lectura y posteriormente anotar el valor.

Prueba de resistencia de aislamiento. Para cables de control se verificará que se cumpla lo siguiente:

Se verificará la continuidad de cada uno de los cables que componen el circuito (multiconductor) realizándose en los extremos, corroborándose que el cable llegue a los equipos correctos. ⁽¹⁶⁾

12 INICIO EXITOSO DE LA PUESTA EN SERVICIO

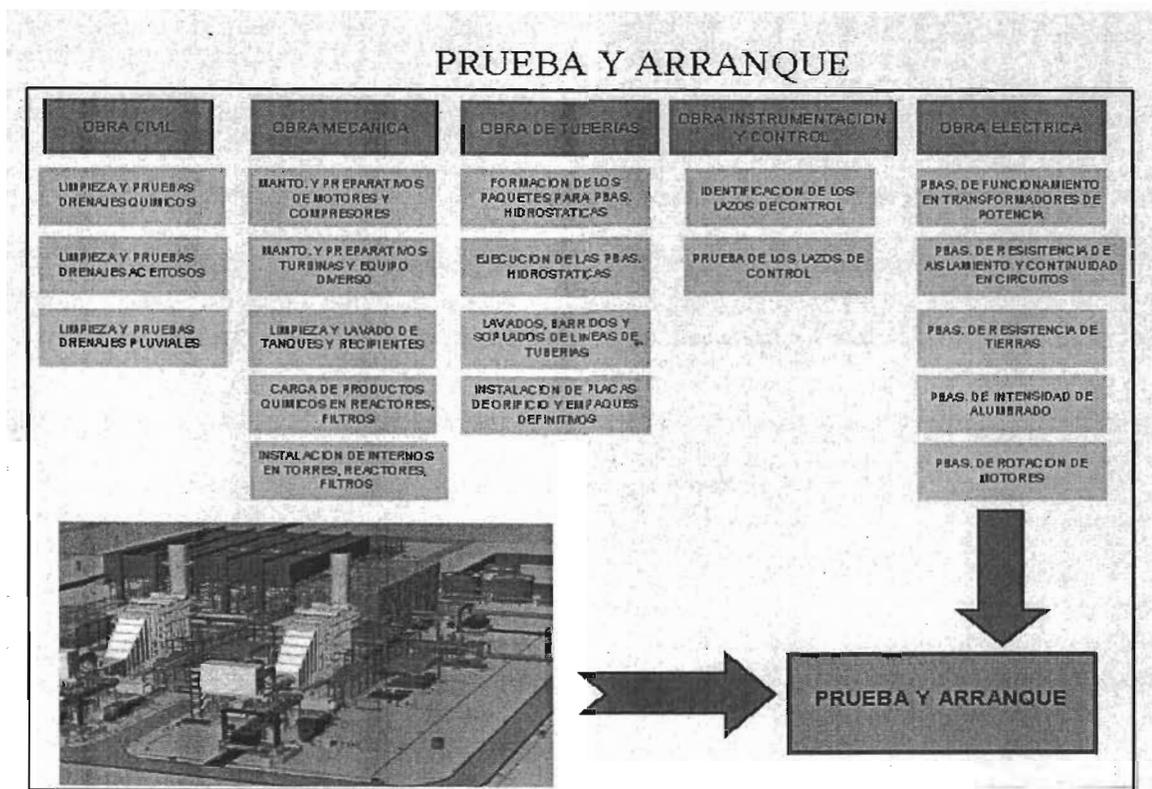


Figura (12).- Elementos claves de la Puesta en Servicio

12.1 PRUEBA Y ARRANQUE

Esta es la etapa culminante de un proyecto, en esta se verifica que todo ha sido fabricado de acuerdo con el diseño, se prueba el correcto funcionamiento de todas y cada una de las partes que integran el proceso y por último se arranca la planta para obtener el producto deseado con la calidad preestablecida.⁽¹⁵⁾

Este concepto define al grupo de actividades que se realizan durante el periodo comprendido desde la terminación de los trabajos de construcción hasta el momento en que cada uno de los equipos estáticos, dinámicos, eléctricos, estructuras, tuberías e instrumentos ya han sido probados y están listos para su puesta en servicio, ver figura (12).

• PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS

1. DISCIPLINA CIVIL

- Limpieza y pruebas de funcionamiento de drenajes químicos, aceitosos y pluviales.

2. DISCIPLINA MECÁNICA

- Mantenimiento y preparativos de motores, compresores, turbinas y equipo mecánico diverso.
- Pruebas de funcionamiento por 4 horas de motores, turbinas y equipo mecánico diverso.
- Limpieza y lavado de tanques y recipientes.
- Carga de productos químicos en reactores, filtros, adsorbedores hornos.
- Instalación de internos en torres, reactores, filtros y hornos.

3. DISCIPLINA TUBERÍAS

- Formación de los paquetes para pruebas hidrostáticas.
- Ejecución de las pruebas hidrostáticas.
- Lavados, barridos y sopladados en líneas de tuberías.
- Instalación de placas de orificio y empaques definitivos.

4. DISCIPLINA ELÉCTRICA

- Prueba de funcionamiento de transformadores de potencia y tableros de distribución.
- Pruebas de resistencia de aislamiento y de continuidad en circuitos eléctricos.
- Pruebas de resistencia de tierras.
- Pruebas de intensidad de alumbrado.
- Prueba de rotación de motores.

5. DISCIPLINA INSTRUMENTACIÓN

- Identificación de los lazos de control.
- Pruebas de continuidad de los lazos de control.

Los principales documentos de diseño usados en esta etapa son:

- Plano de arreglo general de la planta.
- Diagramas de flujo de proceso.
- Diagramas de balance de servicios auxiliares.
- Diagramas de tuberías e instrumentación.
- Planos de construcción de la planta.
- Diagramas unifilares.
- Hojas de especificaciones de equipo.
- Planos isométricos.
- Manual de operación.

12.2 TIPOS Y SECUENCIA DE DE ACTIVIDADES A REALIZAR DURANTE LA PRUEBA Y ARRANQUE DE LA PLANTA

• PRUEBA HIDROSTÁTICAS

El índice de líneas o DTI's es la información adecuada para determinar a que presión se realizará la prueba hidrostática en tuberías, válvulas y equipo, es necesario recorrer físicamente en campo el circuito a probar y verificar que la construcción esté terminada, ya que por especificación después de la prueba no se puede soldar ningún tipo de accesorio a la tubería probada, para posteriormente iniciar a instalar los arreglos provisionales para la ejecución de la prueba.

Por norma de prueba hidrostática todos los circuitos deben tener venteos en los puntos más altos para eliminar todas las posibles bolsas de aire que se encuentren en el sistema.^(A)

Todos los componentes de instrumentación como son juntas de expansión, equipos, válvulas de control, válvulas de alivio calibradas, etc; que no soportan la presión de prueba deben desconectarse o protegerse con bridas ciegas, tapas o accesorios temporales similares, ya que todos estos instrumentos deben de estar libres de cambios de presión.

Los manómetros a utilizarse en las pruebas hidrostáticas deben de estar calibrados, con su certificado de calibración y su etiqueta visible donde muestre el periodo de calibración y las graduaciones deben de ser 1.5 a 2 veces la presión de prueba a ejecutarse.

Por norma general en una prueba hidrostática se drenará gradualmente para prevenir que la tubería se dañe por expansión térmica o concentración.

Cuando se realice una prueba neumática, una vez que se haya mantenido la presión se le aplica una solución jabonosa para detectar fugas en las juntas bridas y soldaduras.

• PRUEBA DE TUBERÍAS

Verificar que los sistemas de tuberías se encuentren libres de óxido, soldadura, plástico.

El circuito a soplar, lavar o barrer con vapor debe estar liberado por pruebas hidrostáticas. En caso de líneas de vapor no es necesario que la tubería este aislada para llevar a cabo el soplado.

Verificar que las especificaciones en cada tramo de tubería y accesorios concuerde con la información presentada en los DTIs.^(F)

Que las dimensiones y orientaciones correspondan al isométrico.

Verificar que los materiales y especificaciones de soldadura sean correctos.

• PRUEBA DE INSTRUMENTOS

Debido a que para poder arrancar o poner en servicio una planta se debe contar con lazos de control listos para operar el proceso es indispensable que se revise el cableado, los puntos de conexión, los gabinetes y cajas de conexión a donde llega cada lazo. Inmediatamente después se tiene que verificar la continuidad del lazo, desde el punto más lejano, que es el instrumento en campo, hasta el monitor que se encuentra en el cuarto de control central. Esto para estar completamente seguros de que el lazo estará cerrado en toda su trayectoria, para lo cual se utilizan teléfonos y multimetros.

Revisar que se encuentren partes de repuesto necesarias y verificar el lugar en que se localizaran los instrumentos sea el adecuado.

Que no se localicen los principales instrumentos en las líneas de tráfico.

Que los instrumentos estén orientados en la posición de mayor facilidad de observación del operador.

La calibración de los instrumentos que todas las cartas y escalas estén instaladas con los rangos apropiados.

Todos los dispositivos de alarmas y disparos estén ajustados a los valores requeridos para lograr la debida protección.

Que exista la continuidad de los circuitos de control del cuarto de control al campo, así como en sentido inverso.

• PRUEBA DE EQUIPO MECÁNICO

Es necesario que los equipos mecánicos estáticos se verifiquen en cuanto a su construcción y limpieza, que a los motores y turbinas se les de mantenimiento y se revisen constructivamente para garantizar su buen funcionamiento y que los sistemas de tuberías se encuentren libres de óxido, soldadura y plástico, todo esto con el fin de que no se dañe ningún equipo, ni que las reacciones químicas esperadas sean afectadas por aceites, grasas o suciedad.

Se recomienda lo siguiente:

Limpia el sistema de lubricación y su correcta recirculación.

Limpia y revisa el sistema de enfriamiento.

Revisa el anclaje del equipo y las conexiones de este con las tuberías.

Revisa que la flecha e impulsores giren libremente sin ninguna obstrucción.

Revisa que se hayan instalado los filtros temporales a la succión de los equipos.

Operar el motor desacoplado (sin carga).

Operar el equipo sin y con carga para verificar vibraciones o calentamientos excesivos.

• PRUEBA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En los cables de medio y alto voltaje se aplica primero megger por un minuto por fase, para verificar la resistencia de aislamiento.

En transformadores se cortocircuitan las boquillas, tanto de alta como de baja; el lado de alta se conecta al positivo del megger y el lado de baja al lado negativo del megger.

El voltaje de prueba se selecciona de acuerdo al voltaje de operación de los transformadores.

Verificación de las conexiones del relevador buchools.

Calibración de contactos para control de temperatura de aceite.

Presión subita del transformador.

Presión de vacío del transformador.

Nivel de aceite.

En Interruptores el potencial utilizado es de acuerdo al voltaje de trabajo de los interruptores.

Se prueba fase por fase cortocircuitando y aterrizando los demás.

En los Arrancadores se revisa su construcción mecánica, eléctrica y se hace prueba de megger.

Se revisa que al introducirlo al cubículo haga buen contacto.

En motores de inducción se verifican los datos de placa.

Se realiza inspección ocular del equipo.

Se realiza las conexiones a tierra, botonera, amperímetro.

Se realiza prueba de resistencia de aislamiento.

Se hace una prueba de giro para estar seguros del sentido de su rotación.

Sistema de tierras y apartarrayos se verifica la conexión de los electrodos y se obtienen lecturas de resistencia en cada uno de ellos.

Especificación de material y equipo eléctrico de acuerdo a la clasificación de áreas.

Medición del nivel promedio de iluminación.

Revisión de la correcta operación de la línea principal.

Revisión del buen funcionamiento de los interruptores de los circuitos de distribución.

12.3 PRUEBA DE LA PLANTA INDUSTRIAL

Esta prueba se realiza inmediatamente de poner en marcha la planta, su finalidad es comprobar que los equipos y componentes eléctricos ya instalados posean la resistencia mecánica y hermeticidad necesaria para tener un adecuado funcionamiento del proceso y aun soporten condiciones anormales de funcionamiento

• RECIPIENTES, TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Para conocer si estos equipos soportarán no solo la presión a la que serán sometidos durante la operación normal de la planta, y en condiciones anormales (presiones mayores).

Esta prueba consiste en introducir un fluido y aumentar la presión hasta alcanzar la presión de diseño, los fluidos que se usan son:

Agua cruda: para equipos de acero al carbón.

Agua tratada para equipos de acero inoxidable.

Aire: en tuberías que distribuyen el aire, en tuberías de distribución de combustible y en los sistemas de refrigeración.

Fluidos inertes.

Se debe revisar los dispositivos internos de los equipos, si son capaces de soportar la presión que se alcanzara en la prueba, sino la soporta deberán desmontarse para evitar rupturas o descomposturas. Ejemplo: flotadores, recipientes.

Los equipos o accesorios conectados a las tuberías (filtros o secadores) con presión de prueba menor (la recomendable que la presión mínima para el circuito de tubería deberán removerse del sistema, bloquearse o aislarse antes de la prueba. Las válvulas de relevo y discos de ruptura siempre deberán ser desmontados o bloqueados antes de la prueba de presión.

· La presión de prueba mínima para las tuberías es de 1.5 veces la presión de trabajo.

· La presión de prueba neumática generalmente es de 110% la presión de diseño.

· Para torres y recipientes la presión de prueba es la especificada por el departamento de ingeniería.

Los códigos de diseño de equipo a presión establecen las presiones de prueba en función de la presión de operación del sistema o equipo.

• PRUEBAS DE EQUIPO CALIENTE

Algunos equipos deben ser probados a su temperatura de operación con objeto de detectar posibles fugas. Ejemplo: reactores catalíticos de cama empacada, secador rotatorio

· Para evitar en choque térmico en el equipo, la temperatura del medio de calentamiento se debe incrementar paulatinamente.

· Se debe examinar detenidamente la hermeticidad de los ductos, tuberías y equipos, pues pueden suceder que estos sistemas manejan sustancias tóxicas o inflamables.

· Se debe checar la hermeticidad en equipos que trabajan al vacío.

• INSTALACIONES ELÉCTRICAS

La prueba final de los transformadores, interruptores, motores, arrancadores y sistemas de control de la planta tiene como finalidad de confirmar que se encuentren en condiciones de operar satisfactoriamente de acuerdo a los requerimientos del proceso.

Esta prueba se realiza inmediatamente de poner en marcha la planta, su finalidad es comprobar que los equipos y componentes eléctricos ya instalados posean resistencia mecánica y hermeticidad necesaria para tener un adecuado funcionamiento del proceso y aun soporten condiciones anormales de funcionamiento.

12.4 ARRANQUE

Operaciones que se requieren:

Pruebas preoperativas totalmente terminadas (pruebas hidrostáticas, neumáticas, eléctricas, dinámicas).

- Personal para arranque y operación de la planta altamente capacitado.
- Materia prima y materiales químicos auxiliares en cantidad y calidades necesarias.
- Programa de arranque elaborado.

Secciones en las plantas industriales:

- Servicios auxiliares.
- Preparación de materias primas.
- Reacción.
- Recuperación.
- Refinación de producto terminado.

• SERVICIOS AUXILIARES

Generalmente esta es la primera sección en ser arrancada pues dará servicio a las demás.

Energía eléctrica: este es el primer servicio que entra en operación, su arranque incluye energizar todas las líneas para contar con el fluido eléctrico en los puntos que se requiera.

Agua de enfriamiento: su operación inicia con el llenado de agua limpia a la pileta, enseguida se arrancan las bombas de recirculación de agua; el agua se hace circular por las tuberías abriendo las válvulas del drenado para que arrastre todo el óxido, escoria y materiales extraños hacia el drenaje.

Vapor: esta alimentación a los sistemas de distribución debe ser lenta y en forma gradual, se debe observar el correcto funcionamiento de las expansiones y soportes debido al aumento de temperatura.

Después de poner en marcha a los servicios y que operen de forma satisfactoria, se procede al arranque de las demás secciones, para esto es recomendable en muchas plantas comprar producto de tal forma que se pueda arrancar con éste la sección de refinación de producto terminado. Después se arrancan la sección de preparación de materia prima y por último las secciones de reacción y recuperación, las cuales están estrechamente vinculadas.

13 COORDINACIÓN CON LAS DISCIPLINAS EN LAS DISTINTAS ETAPAS DEL PROYECTO

13.1 COORDINACIÓN

A través del supervisor, la disciplina de proceso se coordina con la gerencia de proyecto y demás disciplinas para llevar a cabo las siguientes actividades en las diferentes etapas del proyecto.

13.1.1 ETAPAS DE PLANEACIÓN

- Participa en la junta de arranque.
- Establece y desarrolla el alcance de las actividades que llevaran cabo la disciplina de proceso y ambiental a lo largo del proyecto.
- Define, programa y solicita los recursos humanos y materiales necesarios para la ejecución del proyecto.
- Participa en la planeación del proyecto: provee el plan de calidad de la disciplina para conformar el plan de calidad del proyecto. Asimismo, suministra información para la elaboración de la matriz de distribución de documentos. Participa en la elaboración de documentos técnico de diseño del proyecto.
- Define y programa las actividades a ejecutar y que servirán de base para organizar el programa general de control de proyectos.
- Detalla los estimados H-H, programas y pronósticos de necesidades de personal.

13.1.2 ETAPAS DE EJECUCIÓN

- Interviene en las juntas del proyecto y en las revisiones de diseño.
- Elabora reportes de avance de la disciplina a lo largo del proyecto.
- Mantiene actualizados los documentos.
- Identifica las desviaciones técnicas, da aviso de las mismas a las disciplinas involucradas a través de la gerencia del proyecto y en su momento ejecuta las correcciones a dichas desviaciones.
- En coordinación con el resto de las disciplinas, apoya a la disciplina de procuración, evaluando los alcances e información técnica emitida por los proveedores de equipos y/o sistemas.
- Apoya a la disciplina de construcción cuando se presentan controversias ente el diseño y la ejecución física de la obra. Edita la revisión actualizada de documentos técnicos y plano "As-built".

13.1.3 CON LA DISCIPLINA DE CONTROL DE PROYECTOS

- Elaboración de los programas de ejecución de actividades y de necesidades de personal.
- Reporte del porcentaje de avance de documentos y actividades, para el reporte de avance del proyecto. Actualización mensual del programa de necesidades del personal.
- Solicitud de los cambios de alcance, ya sea por requerimientos del cliente o por la identificación de desviaciones técnicas. Una vez que el cliente aprueba dichos cambios, debe reflejarlos en los programas antes referidos a fin de actualizar los pronósticos de fechas de entrega de los documentos técnicos de la disciplina. ⁽³⁾

13.1.4 CON LA DISCIPLINA DE INGENIERÍA

El supervisor de proceso se coordina con las otras disciplina a través del gerente de proyecto y de los supervisores de las mismas.

La transferencia de la información técnica del proyecto se realiza a través del área de control de documentos del proyecto, que realizará la distribución de los mismos de acuerdo a la matriz de distribución de documentos establecida al inicio del proyecto.

Mecánico:

Proceso se coordina con esta disciplina en lo referente a la selección de equipo, definición de la información técnica para la elaboración de hojas de datos, revisión de cotizaciones para la elaboración de tablas técnicas comparativas de proveedores, revisión y aprobación de dibujos para a fabricación de equipos tales como:

- Recipientes y tanques.
- Equipo para manejo de sólidos.

Equipo Rotario, como:

- Bombas.
- Compresores y sopladores.

Equipo de intercambio térmico, como:

- Cambiadores de calor.
- Torres de enfriamiento.
- Calentadores a fuego directo y calderas.

Equipos paquete como, sistemas de refrigeración, de desfogue, de tratamiento de efluentes, contra incendio, etc.

Con apoyo en la disciplina mecánico define elementos para el control de ruido metalurgia de equipos en procesos especiales.

a) Tuberías:

Proceso en coordinación con la disciplina tuberías desarrolla los DTI's, la lista de líneas, la especificación de materiales de tubería y su aislamiento, y participa en la definición de los arreglos de equipo y de tubería, así como en la revisión de modelos (dibujos 3D, maquetas) y de sistemas con requerimientos especiales, como aquellos con flujo por gravedad, o con requerimiento de localización particular de accesorios de tubería.

b) Sistemas de control:

Proceso se coordina con esta disciplina para definir, durante el desarrollo de los DTI's, la filosofía de control, así como para proveer a dicha disciplina la información necesaria para la definición del tipo y rango de instrumentos, válvulas de control, válvulas de seguridad. Proceso apoya a sistemas de control en la definición de los diagramas lógicos de control.

c) Eléctrico:

Proceso elabora la lista de motores, indicando la potencia preliminar estimada para los accionadores eléctricos requeridos en el proyecto, participa en el desarrollo del plano de clasificación de áreas peligrosas, e indica los requerimientos de energía de emergencia.

d) Civil:

Proceso de coordinación con esta disciplina participa en la definición de elevaciones de equipos y estructuras, informa sobre las dimensiones y configuración de cárcamos de bombeo, de cárcamos de torres de enfriamiento y de obras de toma de fuentes naturales de agua. En conjuntos especifican el tamaño de líneas de drenajes químicos y aceitosos, canales abiertos para flujo por gravedad de agua. Además, se proporciona información al área civil para el dimensionamiento de diques, de tanques de almacenamiento, estructuras para quemadores de campo, estructuras para clarificadores y separadores.

e) **Arquitectura:**

Proceso participa con la disciplina de arquitectura en lo referente a la localización de las áreas de proceso, de los servicios auxiliares del proceso, de los servicios administrativos de la planta, diagramas de flujo de materiales, áreas de mantenimiento, etc.

13.1.5 CON CONSTRUCCIÓN

Proceso, a través de la gerencia de proyecto, se coordina con la gerencia de construcción, siendo los aspectos relevantes de esta coordinación:

- ° Apoyo para definir la funcionabilidad y factibilidad de la construcción.
- ° Identificación de interconexiones.
- ° Revisión, en campo, de los sistemas de proceso y de servicios auxiliares.
- ° Preparativos para las pruebas y arranque de planta.
- ° Actualización de documentos y edición de planos "As-built".

13.1.6 CON PROCURACIÓN

Proceso se coordina con esta disciplina para integrar los paquetes de información técnica para la solicitud de cotización y compra de equipos, resuelve dudas de proveedores y hace aclaraciones sobre los requerimientos de los equipos de proceso. Revisa y evalúa los alcances, datos técnicos y dibujos incluidos en las cotizaciones de los equipos.

En su momento se evalúa y aprueba la información técnica, inherente al área de proceso, contenida en los dibujos de proveedores.

13.1.7 CUANDO TENEMOS UN PROYECTO

A continuación se describen las actividades clave que el líder de proceso responsable de la dirección del proyecto, debe verificar que se lleven a cabo.

13.1.8 ADMINISTRACIÓN

Al inicio del proyecto, el líder de proceso (especialista, supervisor, o jefe de grupo), deberá apoyar a la gerencia de proyecto en la revisión precisa del alcance de las instalaciones del proyecto, verificando que todo este incluido en el estimado de costo.

Ayudar a la gerencia de proyecto a clarificar con el cliente todos los puntos inciertos en el alcance del proyecto.

Acordar claramente con el cliente el alcance de servicios; así como todos los mecanismos de revisión, de aprobación y transmisión de documentos. Esto es fundamental para que la fase de ingeniería transcurra sin confusiones o retardos.

Acordar claramente las responsabilidades de cada una de las disciplinas, principalmente a lo que se refiere a especificación, evaluación, compra, revisión e instalación de instrumentos y equipos.

El líder del proceso debe considerar y en el programa y presupuesto de ejecución de la disciplina, actividades tales como: apoyo de evaluación técnica de equipo, elaboración de procedimientos para "pre-commissioning" y "commissioning", apoyo a construcción, cursos de capacitación, apoyo para puesta en servicio y pruebas de funcionamiento.

Establecer una interacción temprana con el área de construcción para apoyarlos en cuestiones técnicas, y a su vez recibir retroalimentación acerca de aspectos de constructabilidad. ⁽⁶⁾

Apoyar a las áreas de construcción y control de proyectos en la elaboración del programa "IPC" del proyecto, en donde se revise principalmente la secuencia y complejidad de las actividades, de manera que se emita un programa realista.

13.1.9 ACTIVIDADES TÉCNICAS

A continuación se presentan las actividades técnicas clave que deben ser consideradas como parte del enfoque "PC" de la gerencia de ingeniería de proceso.

Participar en el desarrollo del plano de arreglo general de la planta (plot plan), considerando además de aspectos de proceso y económicos, accesos para construcción, mantenimiento y operación.

Durante la elaboración de los DTI's tomar en cuenta todos los requerimientos para limpieza, pruebas, "commissioning" y puesta en servicio; tales como: Líneas, válvulas, figuras ocho, bridas ciegas, filtros temporales, así mismo, ir definiendo junto con el departamento de tuberías la lista de circuitos, de manera que se facilite la construcción, pruebas y la entrega de los sistemas.

Revisar los DTI's y plot plan con las áreas de construcción y puesta en servicio, para detectar problemas de constructabilidad y/u operabilidad en etapas tempranas del proyecto.

Elaborar las hojas de datos de equipo incluyendo en rango de operación y condiciones máximas, Así como todas las notas aclaratorias que ayuden a la instalación, prueba y operación de los equipos. Así mismo, el líder de proyecto debe verificar que la especificación y hoja de datos mecánica incluya toda la información relevante, y además debe participar en la evacuación técnica de los equipos. Es importante enfatizar que el líder de proceso debe dar aseguramiento a todo el proceso de adquisición, recepción, instalación y puesta en servicio de equipos.

En la elaboración de especificaciones de equipos de paquete, área de proceso de considerar además de las características operativas propias del proceso, aspectos tales como tipo de cimentación, sistema de tierras, tipo de alimentación eléctrica, cableado equipos e instrumentos, adquisición de señales de control, partes de repuesto, insumos requeridos para la operación, para lo anterior el líder del proceso debe recurrir a las otras disciplinas para completar la especificación, de manera de que el proveedor pueda cotizar de manera integral el sistema y evitar omisiones o retrabajos posteriores.

Los datos de proceso para especificación de instrumentos deben incluir, además del rango de operación (mínimo, normal y máximo), las condiciones de arranque y paro cuando así se requiera.

Participar con el área de sistemas de control en la elaboración de la lógica de arranque y paro del proceso, revisando secuencias de arranque y paro, condiciones de seguridad, confiabilidad del sistema, permisivos, disparos, correcta representación en el DTI's y en las descripciones del proceso (descripción del sistema lógico).

Participar con el área de sistemas de control en el desarrollo de sistemas de control de proceso, revisando los lazos de control, puntos de ajuste, funciones de compensación y caracterizando, tipo de controladores, tiempos de repuesta, correcta representación en DTI's y en descripciones de proceso (narrativas de control).

En el caso de existir "SCD" es conveniente conocer la estructura de las pantallas de operación (diagramas gráficos dinámicos), ya que en ellas están configurados las indicaciones de las variables del proceso, alarmas, interruptores, botones de disparo, controladores, conocer esta información es útil durante las actividades de apoyo a puesta en servicio.

El área de proceso es responsable de coordinar los análisis de riesgo de proceso incluyendo la selección del método más apropiado (HAZOP). y del facilitador que cuente con la experiencia necesaria.

El área de proceso debe apoyar en la elaboración de los programas de seguridad de construcción, proporcionando información de los riesgos potenciales, toxicidad de las sustancias, médicas de seguridad recomendadas, etc.

Elaborar el manual de operación poniendo especial atención en los siguientes puntos: requisitos previos al arranque (actividades de "commissioning"), secuencia de arranque (lógica de arranque), tiempos de calentamiento y estabilización de proceso, estado estacionario (operación normal), rangos de operación y tablas de alarma, secuencia de paro controlado y paro de emergencia (lógica de paro). Esta información es muy útil durante las actividades de puesta en marcha.

Elaborar o adaptar junto con las áreas de construcción y puesta en servicio, los procedimientos para las actividades de "commissioning" y puesta en servicio.

En caso que los cursos de capacitación estén incluidos en el alcance del contratista, elaborar el programa y manual de capacitación para operadores, así como cualquier material de soporte necesario.

Durante las actividades de apoyo a construcción, el área de proceso debe ayudar en la elaboración de lista de pendientes y verificar que la terminación mecánica de todos los sistemas cumpla con los requerimientos de proceso.

Apoyar al área de puesta en servicio durante las pruebas de funcionamiento y cumplimiento de garantías, ayudando en la elaboración de metodología, procedimiento y formato para el registro de la prueba. ⁽¹³⁾

14 PLANTAS DE CICLO COMBINADO

14.1 CENTRALES DE CICLO COMBINADO

Las centrales de ciclo combinado están integradas por dos tipos diferentes de unidades generadoras: turbogas y vapor. Una vez terminado el ciclo de generación en las unidades turbogas, los gases desechados poseen un importante contenido energético, el cual se manifiesta en su alta temperatura. En las centrales de ciclo combinado, esta energía se utiliza para calentar agua llevándola a la fase de vapor, que se aprovecha para generar energía eléctrica adicional, siguiendo un proceso semejante al descrito para las plantas térmicas convencionales, ver figura (13).

El arreglo general de una planta de ciclo combinado se puede esquematizar de acuerdo con diversas posibilidades. El número de unidades turbogas por unidad de vapor varía desde uno a uno hasta cuatro a uno. En cuanto al criterio de diseño de la fase de vapor existen tres variantes:

- Sin quemado adicional de combustible.

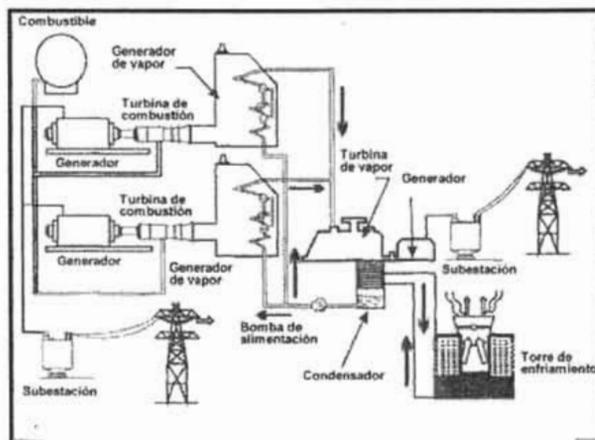


Figura (13).- Centrales de ciclo combinado

- Con quemado adicional de combustible para control de la temperatura de rocío
- Con quemado adicional de combustible para aumentar la temperatura y presión del vapor

Las unidades turbogás que operan en ciclo abierto, al integrarse al ciclo combinado sufren una reducción de potencia. También es posible operar en ciclo abierto una unidad integrada en un ciclo combinado si así desea. En estas unidades el cambio de combustible también afecta a la potencia y la eficiencia.

4.3 DESCRIPCIÓN DE UN CICLO COMBINADO

En un esquema de generación de ciclo combinado se utilizan como su nombre lo indica dos ciclos termodinámicos distintos, uno es el ciclo Brayton y el otro es el ciclo Rankine..^(E)

El ciclo Brayton de manera general utiliza un fluido que es presurizado en estado gaseoso, utilizando cierta cantidad de energía, posteriormente a este fluido presurizado se le eleva su temperatura mediante la absorción de calor y finalmente es expandido produciendo de esta manera energía mecánica. La expansión de este gas caliente produce más energía que la que se utilizó para comprimirlo, por lo que se produce cierta cantidad de energía neta. El ciclo Brayton se lleva a cabo con un turbogenerador de combustión o turbina de gas que en realidad está constituida por más de un componente entre los cuales está lo que es propiamente la turbina. Los principales componentes son:

- **COMPRESOR.**

Cuya función es elevar la presión del gas (aire) requerido, tanto para la combustión como para regular la temperatura de los gases producto de la combustión que entrarán a la turbina. La potencia que se requiere suministrar al compresor para que cumpla su función la proporciona la turbina, y es del orden del 67% de la potencia que se obtiene de ella. El proceso teórico de compresión se lleva a cabo a entropía constante, con el consiguiente aumento de temperatura, de acuerdo a la expresión:

$$PV^k = cte$$

donde:

P	-	Presión
T	-	Volumen
k	-	Índice isentrópico de compresión. (Cp/Cv)

La fricción del aire con las partes del compresor provoca, junto con otras causas, irreversibilidades en el proceso y un aumento mayor de la temperatura. El proceso real que sigue el aire a su paso por el compresor cumple con una trayectoria similar a la seguida por el proceso teórico cambiando el valor del exponente por el índice politrópico, de manera que:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

- **CÁMARA DE COMBUSTIÓN.**

La función de la cámara de combustión es presentar las condiciones propicias para que la energía intrínseca del combustible se transforme en energía térmica. La eficiencia de un ciclo Brayton aumenta al aumentar la temperatura a la salida de la cámara de combustión. La máxima temperatura se presenta cuando la relación aire-combustible es la estequiométrica, es decir aquella que cuenta con la cantidad de aire estrictamente necesaria para llevar a cabo una combustión completa. Sin embargo, esta temperatura está limitada por la tolerancia de los materiales usados en la turbina. La temperatura permisible se lograría con cantidades de combustible que oscilan entre el 40 y el 50 % del combustible estequiométrico, sin embargo, en la práctica esta mezcla pobre provoca en los combustores una flama inestable y una combustión ineficiente, por lo que solamente una parte del exceso de aire se introduce en la cámara de combustión, mientras que el remanente se mezcla con los gases producto de la combustión con objeto de atemperarlos. Actualmente el sistema de combustión ha cobrado mucha importancia dado que los límites en las emisiones contaminantes son cada vez más restrictivos, siendo uno de los equipos en los que se han observado grandes desarrollos tecnológicos.

El principal problema relacionado con la contaminación presentado por las turbinas de combustión se centra en la producción de los óxidos de nitrógeno (NOx). Los NOx se producen a altas temperaturas de manera que una de las formas para controlar su producción consiste en controlar la temperatura. Los más recientes desarrollos se basan en llevar a cabo una combustión por etapas, éstos son los llamados sistemas de combustión secos de bajo NOx (por sus siglas en inglés). Existen otros medios para reducir estas emisiones mediante la inyección de agua o vapor en la cámara de combustión. ⁽²²⁾

- **TURBINA.**

Esta es la sección que hace el aprovechamiento de la energía suministrada. En fechas recientes a sido otro punto de atención en el desarrollo tecnológico, pues la aplicación de nuevos materiales y aleaciones, más resistentes a la corrosión y a los esfuerzos que se presentan a altas temperaturas ha logrado que se alcancen niveles de eficiencia superiores. El proceso teórico que siguen los gases producto de la combustión en la turbina es iso_entrópico, sin embargo, al igual que sucede en el compresor, la fricción provoca derogación de manera que en el proceso real parte de la energía disponible no se convierte en energía mecánica.

En la práctica se ha encontrado que existen una serie de factores que afectan el desempeño y eficiencia de una turbina de gas, tales factores son principalmente relacionados a las condiciones del aire de alimentación al compresor: la presión, representada en forma de altura sobre el nivel del mar y afectada por la caída de presión en los diferentes equipos localizados a la entrada como pueden ser filtros, equipos de enfriamiento, etc.; la temperatura y la humedad relativa; pero también la contrapresión a la salida de la turbina, representada por la caída de presión de los gases de escape hacia la atmósfera. Esto se debe a que la turbina es una máquina volumétrica y por tanto su comportamiento varía al hacerlo la densidad del aire de alimentación que se ve afectada por los factores ya mencionados.

El ciclo Rankine de manera general utiliza un fluido que es presurizado en estado líquido, utilizando cierta cantidad de energía, posteriormente este fluido es llevado desde su fase líquida a su fase vapor mediante la absorción de calor y finalmente es expandido produciendo de esta manera energía mecánica. La expansión del volumen de vapor produce mucha más energía que la que se utilizó para comprimir el volumen de líquido para una misma masa, por lo que se produce cierta cantidad de energía neta. En los casos de una planta de generación de energía eléctrica, por lo regular, el vapor es condensado nuevamente a líquido mediante una extracción de calor y este líquido es recirculado al ciclo. El ciclo Rankine se lleva a cabo con varios equipos principales: un turbogenerador de vapor o turbina de vapor, un condensador, una caldera con sistema de combustión, adicionalmente se requiere de un servicio muy importante que es un sistema de enfriamiento para que el condensador pueda llevar a cabo su función.

- **TURBINA.**

Al igual que sucede en el ciclo Brayton, es aquí donde se aprovecha la energía suministrada al fluido (vapor). El proceso teórico que sigue el vapor en la turbina es isentrópico, sin embargo, al igual que sucede en la turbina de gas, la fricción provoca pérdidas de manera que en el proceso real parte de la energía disponible no se convierte en energía mecánica. En este tipo de turbinas la mayor aprovechamiento de la energía del vapor disponible se logra entre menor es la presión de salida de la turbina.

- **CONDENSADOR.**

La función del condensador es, como su nombre lo dice, llevar el vapor de la salida de la turbina de vapor de la fase gaseosa a la fase líquida. Como se ha explicado anteriormente, la mayor recuperación de energía en la turbina se obtiene cuando menor sea la presión de salida por lo que comúnmente el condensador opera a presiones por debajo de la presión atmosférica para contribuir al mayor aprovechamiento de la energía disponible. La presión dentro del generador está íntimamente relacionada con la energía térmica que puede ser removida dentro de él por el fluido de enfriamiento. El fluido de enfriamiento dentro del condensador es normalmente agua, debido a su disponibilidad y costo; existiendo diferentes esquemas para suministrarla en la cantidad suficiente y a la temperatura requerida para llevar a cabo la condensación. El esquema más tradicional es el que presenta como equipo adicional una torre de enfriamiento de flujo cruzado o de contraflujo, sin embargo también se pueden utilizar sistemas de enfriamiento de un solo paso con agua fría suministrada desde un depósito natural (lago, río, laguna o mar) y el agua caliente es retornada a la fuente de suministro. Existen otros tipos de sistemas de enfriamiento donde se utiliza el aire atmosférico como medio de enfriamiento (soloaires). La selección del sistema de enfriamiento a utilizarse depende principalmente de la disponibilidad y costo del agua necesaria para conseguir la condensación.

- **CALDERA.**

La función de la caldera es la de suministrar la energía al fluido, aumentando la presión y la temperatura del mismo. De manera general este equipo está conformado por una superficie de calefacción sometida a presión, a través de la cual se transmite la energía de un fluido caliente (los gases producto de la combustión que se lleva a cabo en los quemadores del sistema de combustión de la caldera) al fluido frío. El nivel de presión y temperatura a alcanzar dependerá de la generación de energía eléctrica que se vaya a producir tomando en cuenta que los costos del equipo y la calidad del agua son mayores al aumentar el valor de la presión y de la temperatura. El atractivo principal de las calderas "convencionales" es que pueden utilizar como fuente energética primaria una gran variedad de combustibles: combustóleo, carbón, gas natural, diesel, basura, bagazo de caña o algún otro subproducto o desperdicio industrial.

El esquema de ciclo combinado aprovecha los beneficios de estos dos ciclos termodinámicos: la energía térmica disponible en los gases de escape de la turbina de gas se aplica a una caldera de recuperación de calor para producir vapor de agua que se emplea como fuerza motriz de una turbina de vapor de condensación. De esta manera se combina el ciclo Brayton con el ciclo Rankine.

Un esquema innovador de enfriamiento es el llamado sistema heller propiedad de la compañía húngara GEA, en este esquema se utiliza una combinación de enfriamiento con aire y agua, en donde el líquido condensado es dividido en dos partes, una de las cuales se recircula al ciclo de generación mientras que la otra parte es dirigida a una torre de enfriamiento cerrada de tiro natural donde es enfriada con el aire atmosférico, el agua enfriada de esta manera es alimentada nuevamente al condensador donde por contacto directo con la corriente de vapor de salida de la turbina lo condensa; este sistema ha demostrado ser de gran utilidad en lugares donde el costo del agua es elevado.⁽²⁴⁾

14.2 TURBINA DE GAS Y TURBINA DE VAPOR

14.2.1 FUNCIÓN DEL SISTEMA

La planta de ciclo combinado conjunta dos ciclos termodinámicos, los cuales son: para la turbina de gas (ciclo Brayton) y para la turbina de vapor (ciclo Rankine).

La turbina de gas a instalar es fabricada por general electric, modelo 7241FAS de flecha simple, rotor atornillado y con generador acoplado a la turbina de gas por medio de un cople rígido en el lado del compresor ó extremo frío. Esta configuración optimiza el control del alineamiento y permite un desfogue de los gases de escape en forma axial, con lo cual se obtiene la optimización del ciclo combinado o en aplicaciones de recuperación de calor.

La Caldera de Recuperación de Calor (HRSG) será instalada en línea con la turbina de gas y así aprovechar la energía térmica de los gases de escape, producto de la combustión con el objeto de producir vapor, el cual será utilizado por la turbina de vapor en la generación de energía eléctrica. Las turbinas de vapor son manufacturadas por general electric.

14.2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. TURBINA DE GAS

La turbina de gas esta integrada por varios componentes los cuales son necesarios para la operación correcta, continua y estable. Estos componentes se agrupan los siguientes subsistemas:

Turbina

- Sistema de combustión.
- Sistema de gas combustible.
- Sistema hidráulico y de lubricación.
- Sistema de admisión de aire.
- Sistema de desfogue.
- Sistema de compartimentos.
- Sistema de protección contra incendio.
- Sistema de limpieza.
- Sistema de agua de enfriamiento.
- Sistema de arranque.
- Sistemas misceláneos.

El sistema de turbina incluye los siguientes componentes: compresor, rotor del compresor, estator, cubierta para la admisión de aire, cubierta del compresor, cubierta a la descarga del compresor rotor de la turbina, estator de la turbina, cámara de combustión, cubierta de la turbina, cubierta de desfogue, rodamientos

El sistema de combustión seco y de bajo Nox está diseñado para minimizar las emisiones de Nox; el óptimo grado de emisiones es alcanzado a través de la regulación y distribución del combustible hacia las boquillas múltiples, como arreglo del combustor de premezcla total. La distribución del flujo de combustible hacia cada arreglo de boquillas para combustible

es calculado para mantener la carga de la unidad y dosificación del combustible lo cual optimiza las emisiones de la turbina. Este sistema incluye también detectores de flama, control automático, filtro de gas combustible, válvulas de bloqueo/regulación y control para gas combustible, válvula de venteo, sistema de medición del flujo de gas combustible.

Sistema de aceite hidráulico y de lubricación. Los requerimientos de lubricación para la turbina y generador son incorporados dentro de un sistema de lubricación en común. El aceite es tomado de este sistema, bombeado a mayores presiones y utilizado en el sistema hidráulico para los sistemas y componentes de accionamiento hidráulico. El sistema de lubricación incluye bombas para aceite, enfriadores, dispositivos de instrumentación y control, un dispositivo eliminador de niebla y tanque receptor de aceite, bombas para aceite de lubricación, bombas para aceite hidráulico, bombas para aceite de sello, enfriadores, filtros, tanque para aceite.

El sistema de admisión de aire consta principalmente de:

Filtro de entrada de aire, enfriador evaporativo, instrumentación necesaria.

El sistema de protección contra incendio consta de detectores contra incendio censando temperatura fija y proveen señales para accionar en forma automática el sistema de protección contra incendio multizona de baja presión de bióxido de carbono (CO²).

El sistema de limpieza consta principalmente del equipo de agua de lavado para el compresor (en línea y fuera de línea).

El sistema de arranque incluye al sistema de enfriamiento y al sistema de arranque estático.

Finalmente los sistemas misceláneos incluyen las protecciones del sistema, tornaflecha, equipo para conversión de energía eléctrica. ⁽²²⁾

14.2.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA. TURBINA DE VAPOR

La turbina de vapor esta integrada por varios componentes los cuales son necesarios para la operación correcta, continua y estable. Estos componentes se agrupan los siguientes subsistemas:

-Válvulas de control y rompedoras de vacío para vapor.

-Tubería para vapor.

- Sistema de enfriamiento.
- Sistema de sellado para flecha.
- Sistemas de condensados y dren de la turbina.
- Sistema de aceite de lubricación.
- Sistema de control para aceite hidráulico.
- Tornaflecha.
- Compartimentos.

Dentro de las válvulas de control de la turbina se incluyen las válvulas principales de vapor que son:

Válvula combinada de control y paro, las válvulas combinadas para vapor recalentado.

El sistema del sellado de flecha es requerido para mantener la alta presión en el vapor dentro de la turbina, y evitar fugas, el sistema incluye por tres elementos principales: empaque de flecha, sistema de sello por vapor y el sistema de desfogue.

La figura (14) muestra un sistema típico del sistema de sellos de una turbina de condensación.

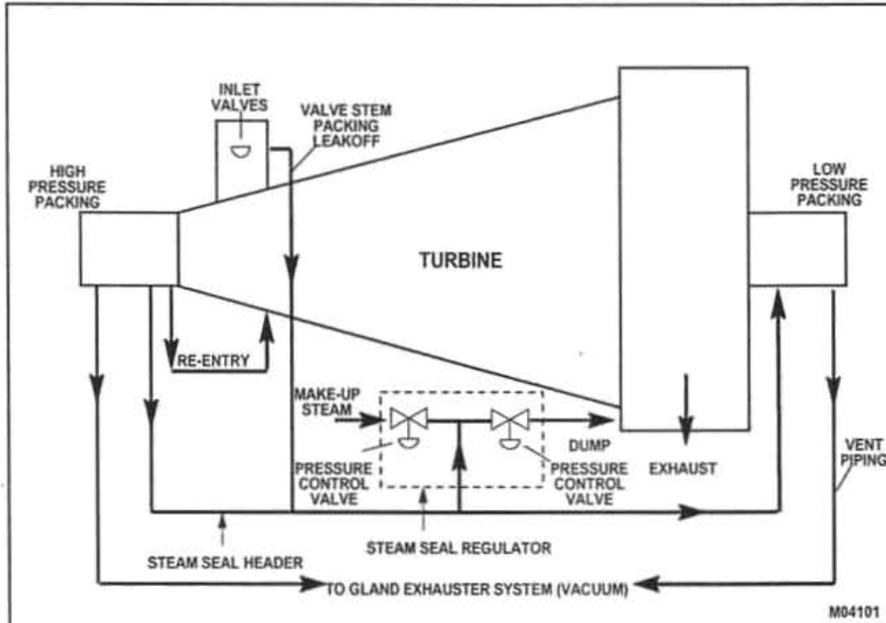


Figura (14).- Turbina de vapor, típico del sistema de sellos.

El sistema de aceite lubricante y fluido hidráulico para la turbina de vapor opera de manera independiente el uno del otro con aceite lubricante mineral y fluido hidráulico ester-fosfato resistente al fuego. Estos sistemas incluyen: Tanque para aceite, bombas para aceite, enfriadores de aceite, los Instrumentos necesarios, Tanque para el fluido hidráulico, sistema de bombeo, unidad de acondicionamiento del fluido hidráulico. ⁽²⁴⁾

14.2.4 OPERACIÓN NORMAL

Durante las condiciones de operación normal el sistema de ciclo combinado puede ser cargado y descargado a través de la variación del punto de ajuste de carga para la turbina de gas. El rango de carga para la operación normal, partiendo desde una carga requerida para el cumplimiento con un mínimo de emisiones a la atmósfera por la turbina de gas hasta una carga base, con su correspondiente contribución de carga por parte de la turbina de vapor.

14.3 CALDERA DE RECUPERACIÓN DE CALOR

14.3.1 FUNCIÓN DEL SISTEMA

La función de la caldera de recuperación de calor (HRSG) es producir vapor de tres niveles de presión (alta, media y baja) y recalentar el vapor de salida proveniente de la sección de alta presión de la turbina de vapor (recalentado frío) que serán utilizados como fuerza motriz por la turbina de vapor. La producción de vapor será realizada mediante el intercambio de energía térmica entre el agua que se alimenta a la caldera y los gases de escape de la turbina de gas, los cuales aumentarán su temperatura por medio del sistema de fuego suplementario para asegurar la capacidad de producción de vapor, y por ende la capacidad de la turbina de vapor.

14.3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

A continuación se describe el sistema del HRSG de un módulo de la central. Un módulo de la central consta de dos turbinas de gas unidas cada una a un HRSG que suministra vapor motriz a una turbina de vapor con su correspondiente condensador de superficie.

El HRSG contará con dos áreas de flujo, la de los gases de escape de la turbina de gas que fluirán por el exterior de los bancos de tubos hasta la chimenea en donde se descargan a la atmósfera, y la del agua, líquida o vapor, que será a través de los bancos de tubos y evaporadores de los domos de vapor.

Los gases de combustión calientes y a baja presión, provenientes de la turbina de gas, irán pasando a través del cuerpo del recuperador de calor, enfriándose por intercambio de energía térmica con el agua que fluye por los bancos de tubos hasta que sean descargados a la atmósfera en forma segura y a una temperatura adecuada, a través de la chimenea. De requerirse mayor generación de vapor los gases provenientes de la turbina de gas serán recalentados por los quemadores de ducto ubicados entre los recalentadores de vapor.

De los gases que son descargados a la atmósfera se harán muestreos en forma continua para asegurar que las emisiones de contaminantes están dentro del rango permitido por la normatividad mexicana aplicable.

El sistema de fuego suplementario con quemadores de ducto quemará gas combustible cuya presión y flujo serán regulados adecuadamente en una estación de regulación de gas individual para cada HRSG. Este sistema contará con un cabezal de gas combustible, pilotos, detectores de flama, transformadores de ignición y quemadores. Para supervisar la operación correcta de los quemadores en el ducto de gases, se proveerá de mirillas en el cuerpo del recuperador.

Las mirillas y los detectores de flama requieren de enfriamiento para evitar que se dañen al contacto con los gases calientes. El enfriamiento se llevará a cabo mediante la circulación de aire a baja presión, para lo que se tendrán dos sopladores de aire al 100% de capacidad, uno para operación normal y otro de respaldo automático.

El agua que fluye a través de los recuperadores de calor será suministrada desde el pozo caliente del condensador de superficie correspondiente mediante las bombas de condensado hasta el economizador de baja presión de cada HRSG.

El condensado de alimentación proveniente del economizador de baja presión pasará al domo de vapor de baja presión que está conectado con el evaporador de baja presión, donde se incrementa la temperatura del líquido hasta su punto de ebullición. Adicionalmente a la salida del economizador de baja presión se tiene una conexión hacia las bombas de recirculación de agua de alimentación cuya finalidad es recircular agua hacia la entrada del economizador para controlar la temperatura de admisión de agua al HRSG, así como la temperatura de salida de los gases calientes de combustión a través de la chimenea del HRSG. El vapor saturado producido en el domo de vapor de baja presión pasará al sobrecalentador de baja presión y el vapor sobrecalentado obtenido de cada HRSG es llevado por líneas independientes

hasta un cabezal de vapor de baja presión a través del cual se alimentará a la sección de baja presión de la turbina de vapor.

Las bombas de agua de alimentación a calderas de media presión, una en operación normal y otra de respaldo, succionan agua del domo de baja presión y la envían al domo de vapor de media presión. El agua de alimentación a calderas de media presión antes de entrar al domo correspondiente, pasará a través de los tubos del economizador de media presión. A la salida del economizador de media presión se tendrá una conexión de agua para calentar el gas combustible de alimentación a la turbina de gas, en los sobrecalentadores de gas combustible respectivos.

Adicionalmente, del cabezal de descarga de la bomba de agua de alimentación a calderas de media presión, se tendrá una conexión para alimentar agua a los sobrecalentadores de recalentado caliente para el control de la temperatura del vapor recalentado caliente hacia la turbina de vapor.

El domo de vapor de media presión está conectado al evaporador de media presión donde se incrementará la temperatura del agua hasta su punto de ebullición. El vapor saturado generado en este domo pasará al sobrecalentador de media presión, este vapor sobrecalentado de media presión se integra al vapor recalentado frío proveniente de la sección de alta presión de la turbina de vapor y es alimentado al recalentador #1. El vapor proveniente de esta etapa es acondicionado mediante inyección de agua de alimentación a calderas de media presión en un desobrecalentador para posteriormente ser alimentado al recalentador #2 en donde el vapor es sobrecalentado hasta sus condiciones de entrega. El vapor recalentado caliente obtenido de cada HRSG es llevado por líneas independientes hasta un cabezal de vapor recalentado caliente a través del cual se alimentará a la sección de media presión de la turbina de vapor.

Las bombas de agua de alimentación a calderas de alta presión, una en operación normal y otra de respaldo, succionan agua del domo de baja presión y la envían al domo de vapor de alta presión. El agua de alimentación a calderas de alta presión antes de entrar al domo correspondiente, pasará a través de los tubos de los economizadores #1 y #2 de alta presión. Adicionalmente, del cabezal de descarga de la bomba de agua de alimentación a calderas de alta presión, se tendrá una conexión para alimentar agua a los sobrecalentadores de alta presión para el control de la temperatura del vapor de alta presión hacia la turbina de vapor.

El domo de vapor de alta presión está conectado al evaporador de alta presión donde se incrementará la temperatura del agua hasta su punto de ebullición. El vapor saturado generado en este domo pasará al sobrecalentador #1 de alta presión. El vapor proveniente de esta etapa es acondicionado mediante inyección de agua de alimentación a calderas de alta presión en un desobrecalentador para posteriormente ser alimentado al sobrecalentador #2 de alta presión en donde el vapor es sobrecalentado hasta sus condiciones de entrega. El vapor sobrecalentado de alta presión obtenido de cada HRSG es llevado por líneas independientes hasta un cabezal de vapor de alta presión a través del cual se alimentará a la sección de alta presión de la turbina de vapor.

El control de la dureza remanente en el HRSG se hace mediante la inyección de una solución de fosfatos en el domo de vapor de alta presión, con objeto de precipitar cualquier presencia de calcio y magnesio. Así mismo y con la finalidad de mantener la concentración de sólidos en el sistema dentro de la especificación se tendrá una purga continua con arreglo en cascada entre el domo de alta presión y el domo de media presión, la cual además de permitir que los fosfatos se propaguen en ambos niveles de presión, permite un ahorro de energía en el sistema.

La purga continua que se hace del domo de media presión se lleva hacia el tanque de purgas continuas donde se hace una separación de fases líquido y vapor por cambio de presión. El vapor separado se envía al domo de baja presión para minimizar la pérdida de agua en el sistema, mientras que el líquido se envía por control de nivel al tanque de purgas intermitentes.

Los domos y evaporadores del HRSG tendrán instaladas las conexiones de tuberías requeridas para realizar purgas intermitentes del sistema. Estas purgas se llevarán al tanque de purgas intermitentes en donde se hace una separación de

fases líquido vapor por cambio de presión. El vapor separado será enviado a la atmósfera y los líquidos a una fosa de colección de drenajes para su disposición segura.

Se tendrán tomas de muestreo continuo en diferentes puntos del HRSG para verificar la calidad del vapor generado y del agua en los domos y de alimentación a calderas, esto con la finalidad de evitar daños a la turbina de vapor.

operación normal

El ciclo combinado operará normalmente en carga base del 100 %, y por ende las turbinas de gas y el HRSG operarán normalmente al 100% de su capacidad enviando los tres niveles de presión de vapor hacia la turbina de vapor. La unidad podrá operar en modo de presión deslizando. Cuando la carga decrece, la presión de vapor en el generador decrece en la misma proporción. Cuando el ciclo opera con capacidades menores al 50%, la capacidad en la turbina de vapor será regulada por estrangulamiento de las válvulas de admisión de vapor.

El HRSG podrá bajar su capacidad de producción de vapor mediante la modulación del fuego suplementario en los quemadores del ducto de gases. El sistema de fuego suplementario podrá operar dentro del rango del 0 al 100% de su capacidad de diseño. Esta operación se hará en respuesta al control de presión del vapor de alta presión que es producido en el mismo HRSG.^(G)

Calderas de recuperación de calor:

- Vapor de alta presión y recalentado.
- Evaporador y economizadores de alta presión.
- Vapor de media y baja presión.
- Evaporador y economizador de media presión.
- Evaporador y economizador de baja presión.
- Manejo de gas a quemadores de ducto.
- Gases exhaustos.

14.3.3 SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de gas combustible recibe, cuantifica, regula, acondiciona y transporta gas natural desde una derivación conectada al gasoducto proveniente del sur de los Estados Unidos hasta el sistema de inyección de combustible de las turbinas de gas. El sistema de gas natural también suministra gas a los quemadores de ducto de las calderas de recuperación de calor (HRSG).

El sistema de sobrecalentamiento de gas combustible consta de dos sobrecalentadores que utilizan agua caliente proveniente del economizador de media presión del HRSG respectivo para cada turbina de gas.

Para fines de control y monitoreo, la medición del flujo de combustible suministrado a las turbinas de gas se llevará a cabo por orificios de flujo suministrados con el sistema de combustión de bajo NOx de la turbina. La presión de gas a las boquillas de la turbina será regulada por válvulas de control de presión. Se incluirán arreglos de doble bloqueo con venteos para asegurar el aislamiento total en el suministro de combustible a las turbinas.

Se instalarán conexiones de gas combustible en el cabezal principal de suministro para la alimentación de los quemadores de ducto de los HRSGs, incluyéndose los reguladores de presión requeridos para ajustar el gas combustible a la condición de presión requerida por este usuario.

Operación normal.

Una vez que se establece el suministro normal de gas combustible a la turbina de gas, se verifica lo siguiente:

Lectura de la medición de flujo de gas combustible cada hora.

Lectura de la presión de gas combustible cada hora.

Lectura de la temperatura a la salida del precalentador de gas combustible.

Lectura de la temperatura a la salida del sobrecalentador de gas combustible.

Vigilar que los parámetros de operación normal de gas combustible se mantengan durante la operación del sistema.

14.4 SISTEMA DE CONDENSADO

14.4.1 FUNCIÓN DEL SISTEMA

El condensador de superficie será de dos pasos, con tubos de titanio y diseñado para condensar la descarga de la turbina de vapor y/o el vapor de las derivaciones (by-pass). Además, servirá como punto de colección de los drenes que se pueden recuperar como condensado provenientes de la turbina de vapor, y su diseño estará de acuerdo a los estándares del heat exchange institute.

El sistema de condensado transferirá el condensado, por medio de las bombas de condensado, desde el pozo caliente del condensador de superficie hasta la caldera de recuperación de calor (HRSG). El sistema circulará el flujo de condensado a través del condensador del vapor de sellos y el economizador de baja presión hasta el domo de baja presión.

Del sistema de condensado se alimentarán los atemperadores de las líneas de bypass al condensador, el sistema de espreado para la cortina de agua en la turbina de vapor y los sellos de las propias bombas de condensado.

14.4.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La descarga de la turbina de vapor de cada módulo, alimentará su condensador de superficie correspondiente, donde el calor latente será removido con la ayuda de agua de enfriamiento que circulará por el interior de los tubos del condensador. El vacío del condensador será desarrollado (inicialmente) y sostenido (durante operación normal) por el sistema de extracción de aire. Dicho sistema de extracción consistirá de bombas de vacío de anillo líquido.

El condensador de superficie será también el punto de recolección del condensado proveniente de los sistemas de sellos. El pozo caliente del condensador tendrá una capacidad de almacenamiento de 3 minutos del flujo de diseño del vapor a condensar. Además, el pozo caliente podrá recibir el condensado proveniente de los sobrecalentadores de gas.

El nivel del pozo caliente del condensador será controlado dentro de un rango adecuado para asegurar la alimentación de condensado a las bombas y para prevenir la inundación de la coraza del condensador.

El pozo caliente del condensador suministrará condensado a la succión de las bombas de agua de enfriamiento. El condensado será bombeado desde las bombas de agua de enfriamiento se enviará a la torre de enfriamiento en su mayoría y el resto será enviado al ciclo de vapor.

El condensado es enviado por un total de dos bombas de condensado del 100% de capacidad desde la descarga de las bombas de agua de enfriamiento, pasando por el condensador del vapor de sellos hasta el HRSG (economizador de baja presión y domo de baja presión) principalmente.

El sistema de condensado también alimentará condensado a los atemperadores de las líneas de bypass al condensador, a la cortina de agua de la turbina de vapor.

Se incluirá una válvula de recirculación para mantener el flujo mínimo requerido por las bombas de condensado durante operaciones de arranque o baja carga. La válvula de control de recirculación de flujo mínimo deberá instalarse corriente abajo del condensador del sistema de sellos para asegurar un flujo continuo a través del mismo. La válvula de recirculación se diseñará para manejar el flujo mínimo requerido por una bomba en operación.

Adicionalmente, el sistema de condensado dispondrá de un tanque de condensados y bombas de transferencia asociadas para condiciones transitorias de:

- Reposición para mantener el nivel mínimo en el condensador de superficie en demandas máximas.
- Evitar inundaciones en el pozo caliente del condensador de superficie debido a condiciones anormales de operación.
- Alimentación de agua a la caldera de arranque correspondiente.
- Reposición de agua a los precalentadores de gas.

La reposición y evacuación de condensado del pozo caliente se hará en forma automática por medio de válvulas de control.

El sistema de condensado consistirá del siguiente equipo principal:

- Condensador.
- Dos bombas de agua de enfriamiento y dos turbinas hidráulicas de recuperación
- Sistema de extracción de aire.
- Dos bombas de condensados del 100% de capacidad cada una.
- Tubería, válvulas y accesorios e instrumentación.

14.4.3 OPERACIÓN NORMAL

Durante la operación normal se alimentará condensado al HRSG (economizador de baja presión y domo de baja presión) principalmente. Una bomba de condensado operará normalmente, quedando la otra en reserva.

Para condiciones de operación transitorias de la turbina de vapor, de requerirse, el sistema de condensado podrá utilizar las dos bombas de condensado para alimentar el flujo máximo requerido.

- Condensado. Condensador.
- Condensado. Tanque de condensados.
- Extracción de aire del condensador, Eyectores de vacío.

14.5 AGUA DE ALIMENTACIÓN A CALDERAS

14.5.1 FUNCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de agua de alimentación a calderas para generación de vapor transfiere agua desde el domo de vapor de baja presión a los domos de vapor de media y alta presión de la caldera de recuperación de calor (HRSG), pasando previamente por los economizadores respectivos.

La alimentación al domo de media presión se lleva a cabo por medio de la extracción interetapas de las dos bombas de alimentación a calderas, cada una del 100% de capacidad, una en operación normal y la otra en posición de espera. La alimentación al domo de alta presión se lleva a cabo por medio de la descarga principal de dichas bombas del 100% de capacidad. El caudal de agua de alimentación a cada uno de los domos es regulado mediante válvulas de control de flujo.

El domo de baja presión es alimentado con condensado desde el pozo caliente del condensador de superficie por medio de las bombas de condensado pasando por el economizador de baja presión del HRSG.

Con objeto de prevenir bajas temperaturas que originen condensación ácida en los gases de combustión sobre los tubos del economizador de baja presión, se dispondrá de una recirculación desde la salida de este economizador hacia la entrada del mismo para control de la temperatura de entrada al economizador. Para este propósito se dispondrá de 2 bombas de recirculación del 100% de capacidad, una operando y la otra en posición de espera. ⁽²⁴⁾

14.5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Las bombas de agua de alimentación a calderas, succionarán del domo de baja presión. Estas bombas suministrarán la carga de bombeo necesaria para alimentar el agua a cada domo de vapor a la presión necesaria incluyendo la cabeza diferencial estática y las pérdidas de presión en el circuito. Se suministrará una válvula de control de recirculación automática para condición de flujo mínimo en la descarga de estas bombas con objeto de evitar sobrecalentamientos y cavitación durante arranque y operación a baja carga. Adicionalmente estas bombas suministran el agua requerida por los desobrecalentador de vapor recalentado y vapor de alta presión, así como por la sección de desobrecalentamiento de la válvula de bypass de las líneas de alta presión a las líneas de recalentado frío correspondientes en operaciones de bypass de la turbina de vapor.

Estas bombas incluirán la instrumentación requerida para monitoreo y alarma de la temperatura de los rodamientos así como para monitoreo y paro por alta vibración.

Las bombas de agua de alimentación a calderas pararan si el nivel de agua en el domo de baja presión desciende al punto de alarma de nivel bajo-bajo.

Los flujos de agua de alimentación a calderas a los domos de cada nivel de presión se monitorearán; estas mediciones junto con el nivel de agua en dichos domos y los flujos de vapor sobrecalentado se usan en el algoritmo de control de flujo del agua de alimentación.

Las bombas de agua de alimentación serán arrancadas por el operador desde el cuarto de control central. Estas deberán operar continuamente a menos que el propio operador las pare o sean disparadas por el sistema de control distribuido (SCD).

El SCD alarmará y disparará las bombas automáticamente en las siguientes condiciones:

- Alta vibración en las bombas de alta presión.
- Nivel bajo-bajo en el domo de baja presión.
- El SCD alarmará solamente en las siguientes condiciones:
 - Bajo flujo en las bombas (medición de bajo caudal y fallo en la línea de recirculación de caudal mínimo).
 - Baja o alta presión de descarga en las bombas.
 - Alta temperatura en los rodamientos de las bombas de alta presión.

Las bombas de recirculación para control de temperatura en la llegada de condensado al economizador de baja presión de los HRSGs, succionarán de la salida del mismo y retornaran el flujo requerido a la línea de entrada para el control óptimo de la temperatura del condensado. Este servicio será de particular interés en el caso de condiciones ambientales bajas, pudiéndose en último caso hacer una derivación (bypass) del economizador en forma manual. En cualquiera de las condiciones aquí descritas las bombas de recirculación trabajarán continuamente asegurándose su flujo mínimo con la instalación de un orificio calibrado en la derivación de la válvula de control de temperatura.

14.5.3 OPERACIÓN NORMAL

Durante la operación normal el agua de alimentación fluye libremente bajo control de flujo desde el domo de baja presión con las bombas de agua de alimentación a calderas hacia el domo correspondiente. En condiciones de baja carga o demanda, los sistemas de bombeo se protegerán contra sobrecalentamiento y cavitación con válvulas de recirculación de flujo mínimo instaladas en las descargas de las bombas.

Con relación a las bombas de recirculación, una de ellas arrancará una vez que se haya establecido la entrada de condensado al sistema, bajo estas condiciones su operación será permanente y se asegurará su flujo mínimo con un orificio calibrado en la derivación de la válvula de control.

15 CASO DE ESTUDIO

15.1 ANTECEDENTES

Con el fin de verificar la utilidad de la metodología propuesta en el presente trabajo, a continuación se revisará un caso de estudio real que consiste en un proyecto de generación de energía de ciclo combinado, que se desarrolló en la ciudad de Durango. Es importante resaltar que dicho proyecto ya fue realizado, culminando exitosamente.

La aplicación de dicha metodología se realiza en forma cualitativa con el fin de simplificar su comprensión.

15.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto es una planta de generación de energía eléctrica con tecnología de "ciclo combinado", la cual toma su nombre de la combinación de los dos procesos termodinámicos que suceden en los equipos principales que integran la isla de fuerza, es decir, del ciclo "Brayton" (turbina de combustión), del ciclo "Rankine" (turbina de vapor) y el generador de vapor con recuperación de calor.

Como ciclo principal de generación se tiene el ciclo Brayton de la turbina de gas, cuyos gases de escape se descargan a través de una caldera de recuperación de calor, en donde el calor remanente en los gases de escape de la turbina de combustión es aprovechado para generar vapor que es enviado a una turbina de vapor tipo condensante, la cual aprovecha la energía térmica del vapor para su transformación en energía eléctrica, estableciéndose el ciclo de generación denominado termodinámicamente ciclo Rankine, conocido en el medio industrial como "bottom cycle".

La central estará compuesta por un módulo de tecnología de ciclo combinado con una potencia total de 498 MW netos en las condiciones de diseño de verano.

El módulo tendrá una configuración de "dos por uno", es decir :

- 2 Turbinas de gas tipo industrial
- 2 Calderas de recuperación de los gases de combustión de la turbina de gas (una caldera por cada turbina) con postcombustion
- 1 Turbina de vapor con un alternador

Y para el balance de la planta se tiene:

- 1 Aerocondensador para condensar el vapor exhausto de la turbina de vapor, teniendo la capacidad de condensar el 100% del vapor directo de los HRSG en caso de la necesidad de hacer un by-pass
- 1 Planta de tratamiento de agua al ciclo de agua de los HRSG y para los servicios de la planta
- 1 Subestación de 115 KVs
- 2 Transformadores de 160 KVs para los GTG
- 1 Transformador de 320 KVs para los STG

La ubicación de los equipos y sistemas auxiliares se considero de operación segura, confiable y eficiente de las instalaciones.

15.3 PLANTA DE CICLO COMBINADO PLOT PLANT

En la figura (15) se muestra el plot plant de una planta de energía.

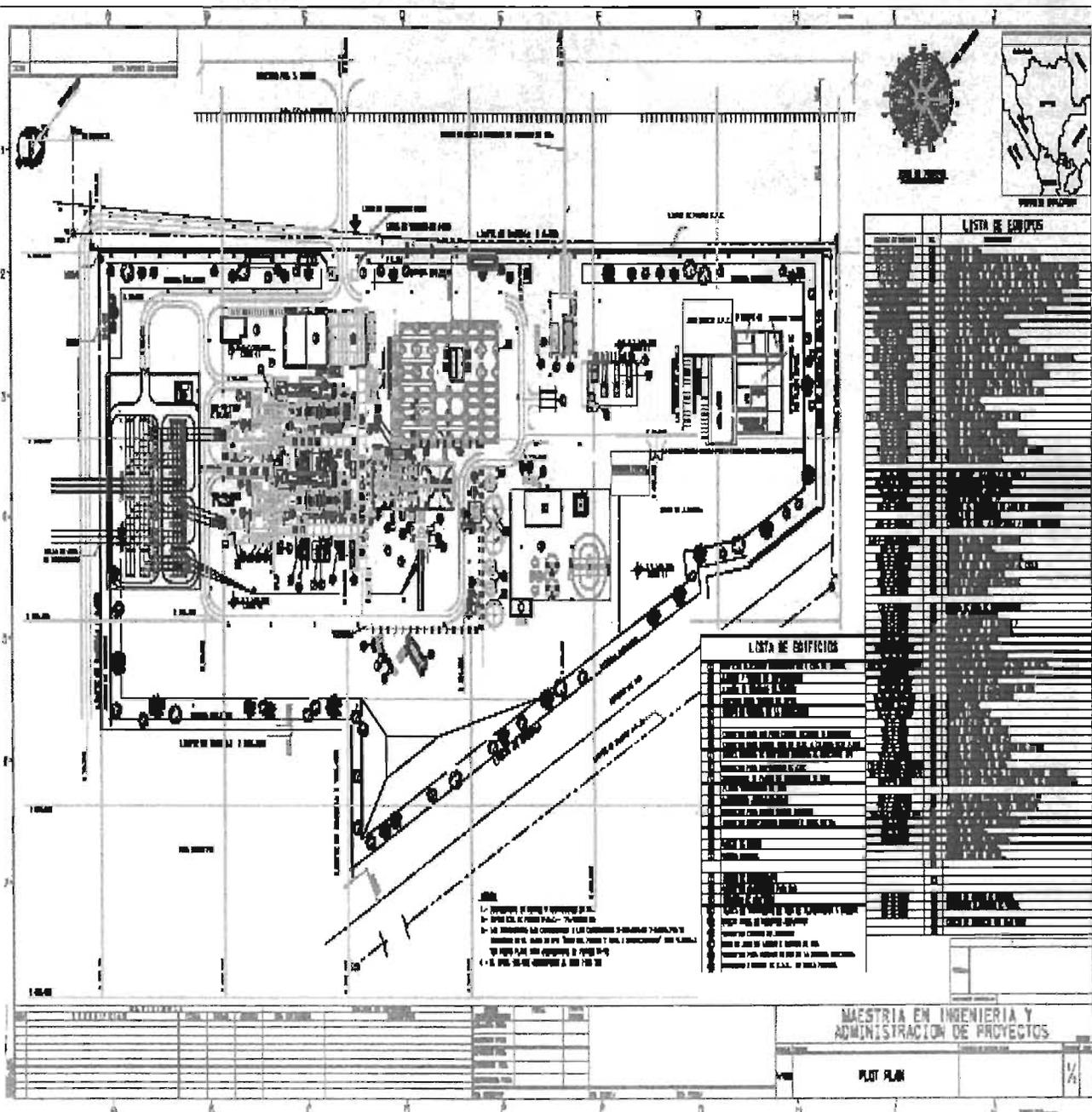


Figura (15).- Plot plant de una planta de energía.

15.4 EQUIPO PRINCIPAL

A continuación se describe la lista los equipos que conformar la planta de energía.

- Turbina de gas.
- Caldera de recuperación de calor (HRSG).
- Intercambiadores de agua de enfriamiento circuito cerrado.
- Bombas de agua de enfriamiento.
- Tanques de expansión de agua de enfriamiento.
- Bombas de recirculación de agua de alimentación.
- Bombas de agua de alimentación a calderas de alta presión.
- Fosa de purgas.
- Bombas de fosa de purgas.
- Tanque de purgas intermitentes.
- Tanque de purgas continuas.
- Paquete de caldera de arranque.
- Fosa de drenaje de agua de lavado.
- Sistema de inyección de químicos de agua de calderas.
- Paquete de aire de planta de instrumentos.
- Sistema de monitoreo continuo de emisiones.
- Panel de muestreo para agua y vapor.
- Estación de medición y regulación de gas.
- Fosa de aceite.
- Turbina de vapor.
- Calentadores eléctricos de gas.
- Bombas de condensados.
- Tanque de drenaje atmosférico.
- Tanque atmosférico de condensados.
- Bombas de transferencia de aguas negras.
- Generador de emergencia.

- Grúa viajera.
- Transformadores principales.
- Transformadores auxiliares.
- Gabinete de excitación.
- Sistema de extracción de aire de aerocondensador.
- Consola de lubricación.
- Tanques de agua clarificada / contra incendio.
- Bombas de agua contra incendio.
- Tanque amortiguador.
- Tanques de agua desmineralizada.
- Bomba de agua de reposición al ciclo.
- Separador de agua / aceite.
- Bombas a separador agua / aceite.
- Fosa de efluentes.
- Bomba de Agua de enfriamiento.
- Torre de enfriamiento.
- Aerocondensador.
- Tanque de agua de servicios.
- Fosa de agua aceitosa.
- Compresor de gas.
- Interruptor del generador.
- Dosificación de químicos a torre de enfriamiento.
- Carcamo de bombeo.
- Reactor de CD del LCI.
- Transformador de aislamiento del LCI.
- Transformador de excitación.
- Gabinete PECC.
- Gabinete LCI / EXIT.

- Tanque colector de drenes.
- Bomba de Limpieza para CC.
- Tanque de recepción de drenes del ducto.
- Bombas de drenes del ducto.
- Sobrecalentadores de gas.
- Bomba de agua de alimentación a calderas media presión.
- Bomba de agua para repuesto a torre de enfriamiento.
- Bomba de agua para enfriador evaporativo.
- Filtros coalescedores.
- Lavador de gas combustible.
- Bomba de vaciado de condensado.
- Secador de torre.
- Sistema de aire de control.
- Tanque de purgas de caldera.
- Calentador eléctrico de vapor.
- Caseta de gabinete.

15.5 ALCANCE DETALLADO DE LA PLANTA

El alcance incluye toda la ingeniería necesaria durante el proyecto, fabricación, transporte, construcción, montaje, puesta en marcha, pruebas y ensayos, así como todas las gestiones y permisos requeridos por la administración o autoridades competentes.

15.5.1 INGENIERÍA BÁSICA

Se entrego dos meses después de la adjudicación del contrato, e incorporando toda la documentación necesaria para establecer los criterios de diseño, interfases con sistemas existentes o fuera del suministro, procedimientos de ingeniería durante el proyecto, y documentación básica de los sistemas eléctricos, mecánicos, de instrumentación y control.

15.5.2 INGENIERÍA DE DETALLE

El diseño, cálculos, planos, documentos, especificaciones, procedimientos, listas, hojas de datos, esquemas, diagramas. necesarios para la fabricación, transporte, montaje, puesta en marcha, pruebas y ensayos, así como todos los proyectos requeridos por la administración o autoridades competentes, y gestiones que deban ser realizadas directamente por el fabricante o contratista.

15.5.3 DOCUMENTACIÓN FINAL

Los manuales de operación y mantenimiento de la Planta, así como toda la documentación según construido (as built) del proyecto. Incluirá asimismo el software requerido para la gestión de la operación y del mantenimiento, sin perjuicio de que este último pueda ser integrado, previa petición de la propiedad, en el sistema de gestión de mantenimiento de la propiedad.

15.5.4 DOCUMENTACIÓN DE GESTIÓN DEL PROYECTO

Documentación de gestión del proyecto incluyendo programación, control de costos, informes de avance de proyecto, obra, certificaciones de obra y toda la documentación, proyectos oficiales, permisos. requeridos por la administración para la obtención de los permisos y licencias requeridos.

15.5.5 ANTEPROYECTO

El libro del anteproyecto estará en idioma español y contendrá los alcances, especificaciones, la ingeniería del proyecto (datos garantizados, diagramas esenciales, arreglos generales, criterios de diseño, etc.).

El libro de anteproyecto deberá tener la siguiente estructura:

- Descripción general del proyecto.
- Ingeniería mecánica.
- Ingeniería eléctrica.
- Ingeniería de diseño de planta.
- Ingeniería de instrumentación y control.
- Ingeniería civil.
- Protección ambiental.
- Puesta en servicio.

15.5.6 LISTA DE DOCUMENTACIÓN

La lista de documentos es un documento vivo durante el proyecto, debiendo ser mantenida al día por el contratista, pudiendo ser reclamada por el propietario en cualquier fase del proyecto.

La lista de documentos de Ingeniería incluirá las fechas de cuando son preparados, presentados para su aprobación, aprobados, revisados, vueltos a presentar a aprobación y finalmente distribuidos dichos documentos. Esta será continuamente puesta al día por el contratista y sometida a la aprobación del propietario cada tres meses.

Esta lista se implementará en una base única de datos tipo access, debiendo ser aprobado el formato de dicha base de datos, así como el de los informes, por el propietario.

15.5.7 DOCUMENTACIÓN INCLUIDA EN LA INGENIERÍA

A continuación se listan algunos de los elementos que se incluyeron en cada una de las ramas de ingeniería del proyecto. En general, y salvo aprobación del propietario, no se admitirá documentación típica o realizada para otras instalaciones similares.

Ingeniería básica.

Criterios de diseño y diseño básico.

Criterios de diseño de equipos y trabajos civiles.

Códigos y estándares a utilizar.

Parámetros de cálculo.

Disposición general.

Lista de interfases básicas y de desarrollo de ingeniería con sistemas existentes o fuera de suministro.

Diagramas básicos mecánicos, eléctricos y de control.

Disposición general de la instalación, incluyendo los equipos principales (mecánicos, eléctricos y de control), en la que se indiquen sus requisitos de anclaje, dimensiones y pesos.

Optimización de la planta incluyendo cálculos a diferentes cargas.

Base de datos de todas las cargas eléctricas.

Filosofía general de operación, regulación y seguridad de la planta.

Todos los datos requeridos para el diseño y fabricación de equipos e instalaciones fuera de su alcance de suministro pero relacionados de alguna forma con él. Estudio de impacto medioambiental

15.5.8 DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y PROCEDIMIENTOS DE INGENIERÍA

Organigrama, posición y responsabilidades de las distintas organizaciones y personas que intervienen en el proyecto.

Programa general del proyecto, en el que se refleje la secuencia de actividades de Ingeniería, fabricación, montaje y puesta en marcha. Este programa deberá ser enviado 30 días antes de la fecha programada de Inicio.

Programas específicos para las actividades de ingeniería, construcción, prueba y puesta en servicio. Este programa deberá ser entregado 60 días después de la fecha de Inicio.

Procedimiento (códigos) de identificación de sistemas, equipos, componentes y materiales del proyecto.

Procedimiento (códigos) de identificación de documentos y planos del proyecto. Estructura de la base de datos de equipos de la planta.

Estructura de la base de datos de documentos de proyecto.

Procedimiento de aprobación de documentos que cumpla los requisitos establecidos en el apartado correspondiente de esta especificación.

Procedimientos de compra de equipos y contratación de servicios a utilizar por el contratista durante el proyecto.

Procedimientos de elaboración de planos, simbología y formatos.

15.5.9 INGENIERÍA DE DETALLE

Se incluirá en la ingeniería de detalle además de los documentos de ingeniería básica, al menos la siguiente documentación:

Disposición general de la instalación en detalle y planos de construcción para todos los elementos principales.

Planos de detalle para ejecución, incluyendo revisión "as built".

Planos de la disposición de soportes, escaleras y plataformas de acceso.

Planos con indicación de pesos, gálbos de transporte, etc. necesarios para el transporte y la manipulación de los equipos.

Planos de espacios previstos para los equipos principales durante desmontaje y mantenimiento.

15.5.10 OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAS

Especificaciones técnicas de los materiales de construcción a emplear.

Definición tanto de la tipología estructural como de la geometría de las estructuras más importantes.

Definición general de la Arquitectura de la Planta.

Planos civiles y estructurales, incluyendo revisión "as built".

Planos de implantación de equipos con detalles de anclajes y apoyos en los que se indique toda la información necesaria para el diseño detallado de la obra civil, incluyendo la relativa a equipos o partes que deban ir embebidos, cargas transmitidas, etc.

Todos los cálculos de diseño civiles y estructurales de acuerdo con los criterios y normas seleccionados.

Planos de accesos, urbanización y viales.

Movimientos de tierras.

Planos de excavación de las estructuras principales.

Planos de cimentaciones y bancadas.

Planos de definición del tratamiento del terreno y/o del pilotaje.

Redes de drenaje.

Planos de sistemas enterrados.

Planos de definición de zanjas, canalizaciones y pavimentos.

Tablas de acabados, carpintería metálica, fachadas cubiertas.

15.5.11 MECÁNICA

Diagramas de proceso e instrumentación, indicando todos los equipos tales como válvulas, filtros, instrumentos, etc., así como los materiales y diámetros de tubería correspondientes a todos los sistemas de tuberías de la instalación.

Planos de sistemas, tuberías y equipos mecánicos, incluyendo revisión "as built".

Planos de la disposición de las tuberías y demás equipos incluidos en el suministro, con indicación de dimensiones, materiales, tolerancias, soldaduras y uniones, protección anticorrosiva, etc.

Diagramas de balance térmico para diferentes condiciones de carga y ambientales del grupo de ciclo combinado.
Isométricas.

Soportes de tuberías.

Planos de montaje típicos.

Datos preliminares sobre la respuesta dinámica de los equipos, tanto en el arranque como en régimen permanente.

Análisis de tensiones.

Cálculos de diseño mecánicos de acuerdo con los criterios y normas seleccionados, incluyendo, pero no limitándose a los siguientes:

- Cálculos de selección de equipos.
- Cálculos de ventilación, silenciador y sus internos.
- Cálculos de dimensionamiento de tuberías y válvulas.
- Cálculos de flexibilidad en sistemas de tuberías.

Cálculos de aislamiento.

Cálculos de soportes y estructuras.

Planos y típicos de aislamiento.

Lista de líneas con aislamiento con indicación del tipo, espesor, etc.

Planos de soportes, estructura metálica.

Planimetría de áreas peligrosas.

Copias de certificados de pruebas en fábrica de los equipos principales.

15.5.12 ELÉCTRICA

Esquema unifilar general.

Esquemas unifilares de los diferentes cuadros de media y baja tensión.

Esquemas típicos de control y cableado de cuadros eléctricos.

Esquemas funcionales de los sistemas de telefonía.

Planos de implantación de salas eléctricas.

Diagramas de cableado externo (de panel a panel y de panel a equipo) de toda la planta y conexiones para todos los elementos de la misma, cargas, celdas de distribución y paneles de control.

Diagramas de cableado interno (de los paneles y cuadros) de toda la planta y conexiones para todos los elementos sea misma.

Planos de interconexión.

Planos de rutado de canalizaciones.

Planos de disposición de canalizaciones eléctricas.

Planos de rutado de cables.

Planos de alumbrado y tomas de corriente.

Planos de implantación de equipos de comunicaciones.

Cálculos de diseño eléctricos de acuerdo con los criterios y normas seleccionados, que deberán incluir, pero no se limitarán a los siguientes:

- Estudio de balance de potencia y flujos de carga.
- Cálculos de dimensionamiento de las baterías de corriente continua y rectificador.
- Cálculos de secciones de cables.
- Cálculos de cortocircuito y dimensionamiento de equipos
- Cálculos de dimensionamiento de transformadores (potencia, tensión de cortocircuito, regulación y tomas).

Estudio de selectividad y coordinación de protecciones.

Estudio de protección contra sobretensiones (descargas atmosféricas y autoválvulas).

Estudio de arranque de motores.

Cálculo de la red de tierras enterrada.

15.5.13 INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Planos de disposición de instrumentos, pánenes.

Diagramas lógicos de control, alarmas.

Diagramas de regulación (de control analógico).

Diagramas de cableado externo (de panel a panel y de panel a equipo) de toda la planta y conexiones para todos los elementos de la misma, cargas, celdas de distribución y pánenes de control.

Diagramas de cableado interno (de los paneles y cuadros) de toda la planta y conexiones para todos los elementos de la misma.

Base de datos de instrumentos y válvulas.

Hojas de datos de instrumentos y válvulas.

Base de datos de señales de entrada y salida (analógica y digital).

Cálculos de diseño de instrumentación y control de acuerdo con los criterios y normas seleccionados.

Planos de montaje de instrumento.

Listas de materiales.

Base de datos general de equipos de la instalación.

La información incluye las diferentes tablas, el modelo relacional, la conexión con aplicaciones de diseño que utilicen datos de la base y los campos de información habilitados como datos de diseño, fabricante, modelo, ubicación, planos, parámetros de utilización, etc.

La base de datos general de equipos podrá contener a las base de datos de materiales que se citan en otros puntos de esta especificación, en cualquiera caso, éstas deberán ser suministradas por el contratista. Esta base de datos incluirá equipos mecánicos, eléctricos, instrumentos, válvulas, etc.

Base de datos del cableado de la instalación con campos de información para datos de origen, destino, rutado, datos de diseño, planos y, en general, necesaria para aquellas aplicaciones y actividades conectadas a dicha base de datos.

Hoja de datos completa del fabricante para cada tipo de dispositivo, equipo, o módulo que el contratista se proponga utilizar en el sistema de control e instrumentación, incluyendo el hardware y el software informático.

15.5.14 PROCEDIMIENTOS

Todos los procedimientos de pruebas y ensayos, tanto en el emplazamiento definitivo como en taller, de equipos, sistemas y de puesta en marcha y aceptación de la instalación descritas en esta especificación o en los documentos indicados en la misma.

Procedimientos de ejecución (obra civil y montaje), incluidos todos los procedimientos de soldadura.

Procedimientos de puesta en marcha.

15.5.15 OTROS DOCUMENTOS

Lista de Documentos de Ingeniería en la que se indiquen los documentos, cálculos, planos, especificaciones, etc. así como las fechas previstas de emisión y aprobación. Estas deberán ser coherentes con el programa del proyecto.

La lista propondrá qué documentos se someterán a la aprobación del propietario y cuáles se remitirán para su información.

Especificaciones de compra y de equipos y contratación de servicios a terceros, así como las ordenes de compra.

Proyecto de seguridad e higiene específico para la obra.

Lista de materiales para controlar su entrega en obra.

Manual de administración ambiental.

Programa de administración ambiental.

Procedimientos de administración ambiental.

Plan de calidad.

Manual de calidad específico.

Dossier final de calidad.

Plan de formación de personal de operación y mantenimiento.

Documentos que prueben la aprobación por parte de la autoridad competente de aquellos trabajos que necesiten autorización.

Documentación técnica final, que incorpore todos los planos y documentos en su revisión final según construido, según un índice y estructura que deberá ser aprobado por el propietario.

15.5.16 MANUAL DE INSTRUCCIONES

Se suministrarán manuales de todos los equipos o sistemas, en los se incluyan: datos técnicos, descripción, lista de planos, curvas características, instrucciones de puesta en servicio, instrucciones de operación, instrucciones de mantenimiento y conservación, lista de repuesto y de herramientas especiales.

Funcionamiento, el contratista preparará y someterá a la aprobación del propietario, los manuales de operación y mantenimiento.

Estos serán lo suficientemente detallados como para permitir una formación completa del personal del propietario, un trabajo satisfactorio de operación y mantenimiento y el pedido de los repuestos.

Los manuales de operación y mantenimiento serán revisados y/o puestos al día durante los trabajos de construcción y puesta en marcha. Se elaborarán de acuerdo a los procedimientos del propietario y los requisitos de la comisión federal de electricidad, y se someterán a su aprobación. Todos los manuales estarán redactados en español, presentados en forma de libros apropiadamente encuadernados y en soporte informático.

Asimismo, incluirán todas las formas de operación y los cuadernos de trabajo de todos los equipos mecánicos y eléctricos.

Las instrucciones serán escritas en un estilo fácilmente comprensible para el personal de operación y mantenimiento, explicando en las diversas situaciones qué debe hacerse y por qué.

15.5.17 PLANOS

Para dibujo de planos se entregarán en su última revisión bajo soporte informático, a definir posteriormente. Para paquetes prediseñados, en la fase final y de ingeniería.

Las copias suministradas por el contratista serán claras y legibles, sin ninguna sombra de fondo.

Todos los planos serán dibujados de acuerdo con estándares aprobados por el propietario y, en cualquier caso, con estándares internacionales, permitiendo una apropiada reproducción después de ser convertidos a microfilm.

El contratista será el único responsable ante el propietario de todo el trabajo de sus subcontratistas.

En particular, los planos de subcontratistas serán revisados completamente por el contratista en relación a medidas, tamaño de los componentes, materiales, detalles, etc. de forma que se asegure que están en conformidad con los requerimientos e intención de la especificación técnica y/o el contrato.

Las secciones y detalles de partes de los trabajos serán señalados en el plano al que se refieren. Las escalas de detalles concretos y secciones serán señaladas en el caso de que difieran de una a otra. Todas las notas necesarias para una apropiada comprensión y ejecución del trabajo objeto del plano serán escritas en dicho plano.

Todos los detalles que sufran revisión serán descritos en cada plano y marcados claramente. Los planos serán apropiadamente dibujados, preparados e impresos para la aprobación del propietario.

Todos los planos incorporados en las instrucciones de operación y los manuales de mantenimiento, así como todos los planos llave tales como los de la disposición general, los de la obra civil.

15.5.18IDIOMA

El idioma oficial para temas contractuales será el español. La información técnica asociada al proyecto podrá ser presentada en inglés, aunque se prefiera el español.

Las marcas y etiquetas de los equipos serán escritas en español, incluyendo el código de identificación previamente acordado.

Las placas con las características de los equipos y los indicadores ópticos de los mismos, serán escritos en español.

Las alarmas y la información del proceso serán en español y estarán sujetos a aprobación del propietario.

La identificación de embalajes, direcciones e instrucciones de uso durante el manejo serán escritas en español para los equipos de origen español y en español o inglés para los de importación.

15.5.19UNIDADES

Las unidades a utilizar en el proyecto serán las del sistema internacional (S.I.) Cualquier documento o plano conteniendo cualquier referencia en unidades diferentes podrá ser rechazado. Todos los planos serán acotados en el sistema métrico decimal

15.5.20PROCESO DE APROBACIÓN

Todos los planos y documentos que requieren aprobación del propietario se emitirán al menos en tres revisiones: preliminar, aprobado para fabricación/Construcción y "As-Built".

El contratista deberá emitir a lo largo del proyecto y sin coste adicional para el propietario tantas revisiones como fuera necesario para asegurar la correcta ejecución del mismo en los términos del contrato de adjudicación.

Todos los planos y documentos registrarán en el lugar correspondiente todas sus revisiones y el motivo de las mismas.

Las revisiones "As-built" serán sometidas a la aprobación del propietario en la fecha de emisión del acta de aceptación provisional. Este acta no se editará hasta que el conjunto completo de planos "As-built" haya sido recibido.

Todas las revisiones serán enviadas al propietario para su información.

El propietario tendrá además el derecho de examinar en un tiempo razonable, en las oficinas del contratista, su subcontratista o su contratista, todos los planos cualquier parte de la obra.

La aprobación del propietario de los planos del contratista y de los subcontratistas no liberará al contratista en ninguna forma de ninguna de sus responsabilidades por errores u omisiones que puedan existir, aun cuando la obra haya sido realizada en concordancia con dichos planos aprobados.

Aunque dichos errores u omisiones fueran descubiertos después de haber recibido la aprobación del propietario, deberán ser corregidos por el contratista a su propio coste y cuenta, con independencia de dicha aprobación.

La secuencia de aprobación de todos los documentos será tal que toda la información y datos necesarios para la comprobación de cada plano estén disponibles en el momento de ser recibidos.

Si los documentos presentados por el contratista están incompletos el propietario informará al contratista. Lo mismo se aplicará para cualquier documento si existen errores, discrepancias, desviaciones del contrato u otras inconsistencias. En tal caso se solicitará al contratista que lo presente de nuevo después de su rectificación.

Cualquier trabajo de diseño, fabricación, montaje o pruebas, llevado a cabo sin dicha aprobación o sin la citada comunicación escrita, estará expuesto al rechazo del propietario y a su repetición por cuenta del contratista.

Cuando se presenten documentos, ya sean para aprobación o para información, el contratista está obligado a indicar clara y exactamente todas las desviaciones con respecto al contrato, explicar detalladamente las razones para dichas desviaciones y pedir explícitamente la aprobación del propietario para ellas.

El cumplimiento de esto no liberará al contratista de ninguna de sus obligaciones en estricta concordancia con el contrato, aun cuando los documentos presentados fuesen aprobados por el propietario.

15.5.21 PLAN DE CALIDAD

Contratista preparará un plan de control de calidad que deberá presentar a la aprobación del propietario.

El plan de calidad abarcará cada una de las fases del proyecto, a saber diseño e ingeniería, fabricación, entregas y transporte construcción.

Montaje y puesta en marcha, pruebas de recepción.

El plan de calidad general deberá realizarse de conformidad con la norma NMX-CC-019:1997 (ISO 10005:1995).

El plan de control de calidad incluirá procedimientos de compra, fabricación, procedimientos de obra y montaje, ensayos, pintura y embalaje, además del programa de puntos de inspección y protocolos de pruebas.

El contratista indicará las normas aplicables durante todo el proceso del proyecto, así como durante las pruebas y ensayos

Todos los instrumentos que se utilicen en los ensayos serán calibrados por una autoridad independiente.

En cualquier caso los aparatos mostrarán en lugar visible el etiquetado de la última calibración.

La mano de obra, los materiales, aparatos e instrumentos para los ensayos serán proporcionada por el contratista. A la entrega de cada equipo o parte de la instalación se deberá presentar el dossier de calidad correspondiente, que contendrá la siguiente información:

- Certificado de cumplimiento de las especificaciones técnicas.
- Desviaciones aprobadas por el propietario
- Documentación relativa a las reparaciones importantes efectuadas durante la fabricación o montaje.
- Certificados de materiales y de sus inspecciones.
- Protocolos de inspección dimensional y visual.
- Protocolos y certificados de las pruebas realizadas.
- Programas de puntos de inspección.

15.5.22 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS

Todas las pruebas y ensayos, tanto en fábrica como en la central y tanto del contratista como de subcontratistas, se harán de acuerdo a procedimientos.

Los procedimientos de pruebas deberán expresar claramente el objetivo, los prerequisites, el equipo de pruebas, el método, la secuencia de prueba y los criterios de aceptación.

Los procedimientos deberán disponer de hojas de registro para recogida de datos y de anomalías así como instrucciones claras sobre la forma de rellenarlas.

Los procedimientos de pruebas serán específicos para el proyecto y no será aceptable la utilización de procedimientos genéricos o relativos a otras instalaciones salvo como referencias que, en cualquier caso, deberán adaptarse exactamente a las especificaciones y características del proyecto.

15.5.23 CERTIFICACIONES, PRUEBAS Y ENSAYOS DE EQUIPOS

El contratista será responsable de llevar a cabo todas las Inspecciones y pruebas de todos los materiales e instalaciones tanto para las normalmente llevadas a cabo por el contratista o subcontratistas, como para aquellas que hayan sido específicamente identificadas en el contrato.

Certificados de cumplimiento confirmando su realización conforme a las normas y reglamentos aplicables del contrato y el cumplimiento con los criterios de aceptación.

Estos certificados de pruebas o inspecciones, firmados por todas las partes testigos de dicha prueba y serán incluidos en los Informes de pruebas en fábrica.

Los mencionados certificados, exámenes y/o pruebas no liberarán al contratista de ninguna de sus obligaciones bajo contrato.

El propietario y/o su representante tendrán derecho durante el proceso de fabricación a inspeccionar, examinar y presenciar todas las pruebas a realizar en las instalaciones del contratista o sus subcontratistas, de todos los materiales y mano de obra de todos los equipos a ser suministrados bajo contrato.

Cuando los trabajos sean realizados en instalaciones propiedad de terceros, el contratista obtendrá para el propietario y/o su representante permiso para visitar dichas instalaciones.

Siempre que sea solicitado por el propietario o sus representantes, el contratista deberá poner a su disposición, para su aprobación, muestras de todos los dispositivos, hardware, materiales, acabados, etc.

Que vayan a ser utilizados en la obra; las cuales serán sometidas a aprobación durante un plazo razonable de tiempo para permitir su examen y serán devueltos al contratista, si es solicitado, para su incorporación a la obra.

El contratista notificará al propietario o su representante al menos con quince (15) días de adelanto sobre la fecha y lugar en que una instalación, material o equipo estará preparado para su prueba.

Si se tuviese que posponer, el contratista lo notificará con al menos 72 horas de antelación. El propietario o sus representantes notificarán por escrito al contratista de su intención de asistir a las pruebas o posponerlas con al menos 72 horas de antelación.

Si el propietario o su representante decide no asistir a las pruebas en el lugar y fecha propuestos por el contratista, el contratista puede realizar las pruebas, dando por supuesto que se realizarán en su presencia y que sin demora se remitirán las copias certificadas de los resultados de la prueba al propietario.

Para las pruebas realizadas en los talleres del contratista o de cualquiera de los subcontratistas, el contratista proporcionará toda la asistencia, manó de obra, material, electricidad, energía, almacenes, aparatos e instrumentos que se necesiten para llevar a cabo las pruebas eficientemente, sin ningún costo adicional para el propietario.

Si el propietario o su representante comprobare que el material, equipamiento o trabajo inspeccionado o probado no cumplierse con la especificación técnica o los términos del contrato, notificarían su rechazo al contratista por escrito.

El contratista rectificará y eliminará las causas de dicho rechazo y la inspección o prueba será repetida.

El material, equipamiento o trabajo rechazado no liberará al contratista de ninguna de sus obligaciones bajo contrato, ni permitirá ninguna ampliación de tiempo.

Para las pruebas realizadas en los talleres del contratista o de cualquiera de los subcontratistas, el contratista proporcionará toda la asistencia, manó de obra, material, electricidad, energía, almacenes, aparatos e instrumentos que se necesiten para llevar a cabo las pruebas eficientemente, sin ningún costo adicional para el propietario.

Si el propietario o su representante comprobare que el material, equipamiento o trabajo inspeccionado o probado no cumplierse con la especificación técnica o los términos del contrato, notificarían su rechazo al contratista por escrito.

El contratista rectificará y eliminará las causas de dicho rechazo y la inspección o prueba será repetida. El material, equipamiento o trabajo rechazado no liberará al contratista de ninguna de sus obligaciones bajo contrato, ni permitirá ninguna ampliación de tiempo.

15.5.24 PRUEBAS FUNCIONALES

El desglose de las mismas será propuesto en el protocolo de pruebas.

Las pruebas funcionales que se plantean en este apartado se estructurarán básicamente de la siguiente forma:

- Pruebas funcionales equipos-sistemas (preoperacionales)
- Pruebas funcionales a nivel de equipos/componentes (si no cubiertas en la fase anterior - precommissioning).
- Pruebas funcionales a nivel de sistemas.
- Energización de la central.
- Pruebas funcionales turbogrupos-central (operacionales)
- Pruebas dinámicas de puesta en marcha:
- Pruebas de arranque mecánico
- Pruebas de arranque eléctrico
- Sincronización y acoplamiento a la red
- Arranque manual y automático (operación en vacío)
- Pruebas de disparo/rechazo en carga
- Pruebas funcionales en carga

Tres (3) meses antes de comenzar las pruebas funcionales, el contratista presentará el programa de pruebas propuesto por él, incluyendo la tabla de tiempos, para su aprobación por el propietario.

El programa de pruebas será una detallada descripción por escrito de los pasos de los diferentes procedimientos de prueba, tal que cubra toda la central. Dicho programa incluirá todas las pruebas enunciadas (preoperacionales y operacionales).

El contratista habrá realizado las pruebas y verificaciones pertinentes (precommissioning tests) para verificar el correcto montaje y funcionamiento de los diferentes equipos y componentes de acuerdo con los términos establecidos en el contrato.

El propietario solicitará al contratista desarrollar el programa de pruebas, que una vez aprobado servirá para que el contratista realice las pruebas funcionales requeridas a su entera satisfacción y a la del propietario. Al propietario se le darán todas las oportunidades para participar en todas las pruebas y tendrá el derecho de acceder a los resultados.

El propietario podrá solicitar pruebas adicionales y/o una extensión o mejora del programa de pruebas si esto fuera necesario para probar la completa funcionalidad y acabado de la central de acuerdo con los términos del contrato.

Los representantes de los fabricantes de los elementos más importantes deberán estar disponibles en el emplazamiento durante el montaje y la puesta en marcha de sus respectivos equipos.

Dichos representantes deberán tener capacidad técnica para conducir las actividades de montaje y pruebas, cuya responsabilidad asumirán con independencia de la presencia y colaboración de personal del propietario.

Las pruebas funcionales se ejecutarán en base al protocolo (alcance, procedimiento, criterios de aceptación) planteado por el contratista y aprobado por el propietario, cubriendo tanto las asociadas a los distintos elementos componentes sistemas en sí, como las relativas a la funcionalidad global de la central.

A título orientativo y satisfaciendo en todo momento el paquete de pruebas aceptado, se incluirán como mínimo las siguientes:

- Pruebas sistema de control.
- Pruebas sistema contra incendios.
- Pruebas sistema aire comprimido.
- Pruebas sistema agua de circulación del condensador.
- Pruebas sistema agua de refrigeración de componentes.
- Pruebas sistema tratamiento de agua / efluentes.
- Pruebas sistema de ventilación.
- Pruebas sistema eléctrico. Energización.
- Pruebas sistema agua alimentación / condensado.
- Pruebas sistema vapor principal.
- Pruebas válvulas de seguridad.

Se llevarán a cabo tan pronto como se disponga de presión de vapor en el ajuste de las válvulas de seguridad. Cada válvula se probará para dar tres presiones de operación idénticas sucesivas.

Se informará al propietario de estas pruebas con un mes de antelación, de modo que puedan ser avisadas las autoridades pertinentes.

Los medidores de presión utilizados para controlar las pruebas de presión se calibrarán por una empresa certificada y los certificados serán emitidos previamente a las pruebas.

- Pruebas sistemas auxiliares turbo grupo.
- Sistemas de medición de energía.

15.5.25 PRUEBAS DE FIABILIDAD

A lo más tardar dos (2) días después de la recepción de la nota que autoriza al contratista a realizar las pruebas de fiabilidad, el contratista procederá con las mismas.

Entre las pruebas funcionales y las de fiabilidad, el contratista tendrá permitido realizar aquellos trabajos o ajustes que considere necesarios. Sin embargo dichos ajustes deberán antes recibir el acuerdo del propietario.

Las pruebas de fiabilidad se realizarán tanto para cada unidad de potencia como para los sistemas comunes.

Las pruebas de fiabilidad del grupo durarán treinta días consecutivos.

Dado que la central está completa en todos los aspectos, exceptuando aspectos menores que no afectan a su uso seguro, y que el propietario está satisfecho con las condiciones de la central, entonces el contratista la operará bien continua o intermitentemente, hasta carga máxima, como pueda ser requerido, durante un periodo de 30 días.

A priori, cualquier fallo en alguna parte de la central que suponga la interrupción de generación, debido a o proveniente de un diseño, material o ejecución defectuosos, demandará un nuevo periodo de pruebas de fiabilidad de 30 días después de que el contratista haya subsanado el defecto. No obstante, el propietario, dependiendo de la causa del fallo podrá autorizar que continúe la prueba en el punto donde se interrumpió.

Las pruebas de fiabilidad deberán comenzar desde el principio, en cualquier caso, si tales interrupciones acumulan más de 24 horas o bien cualquier parada en sí excede las 12 horas.

Al menos 6 meses antes del comienzo de las pruebas se acordará entre el propietario y el contratista el programa detallado de operación aplicable a esta prueba, cuya versión final estará aceptada

Un mes antes del inicio de las mismas. Este programa de pruebas precisará de la coordinación con el operador del sistema.

Durante las pruebas de fiabilidad se llevarán a cabo adicionalmente pruebas funcionales para demostrar requisitos previamente especificados relativos a los equipos reservas y los sistemas de cambio automáticos de la central sin causar pérdidas, interrupción o variaciones en el suministro de electricidad.

A lo largo de las pruebas de fiabilidad se registrarán la presión del vapor, la temperatura del vapor, el caudal de vapor y todas las emisiones.

15.6 INICIO DE UN PROYECTO

El director de proyectos, una vez que se le ha notificado la adjudicación de un nuevo proyecto, designará al gerente de proyecto que se hará responsable de su ejecución.

El director de proyectos solicitará a la gerencia de contabilidad y finanzas la apertura del nuevo centro de costos, indicando el nombre con el que se identificará. El departamento responsable procederá a recabar las firmas autorizadas para cargar al nuevo centro de costos, siendo la primera de ellas la del gerente de proyecto designado.

El director de proyectos notificará oficialmente al representante del cliente la designación del gerente de proyecto, que a partir de ese momento, se hace responsable tanto del proyecto como de las relaciones con el cliente.

La dirección de desarrollo de negocios procederá a transferir el control del proyecto al gerente de proyecto designado. Esta transferencia deberá incluir la entrega de toda la información disponible que haya sido generada en relación al proyecto, tal como: contrato, carta de intención, documentación de propuesta, minutas de reunión y aclaraciones, presupuestos, acuerdos y otros. Esta transferencia se hará por conducto del director de desarrollo de negocios o del gerente de desarrollo de negocios que corresponda, siendo responsabilidad de la dirección de desarrollo de negocios que la transferencia quede debidamente documentada.

En caso que el proyecto se inicie con una carta de Intento, será responsabilidad de desarrollo de negocios dar seguimiento hasta la firma del contrato por el cliente.

El gerente de proyecto procederá a analizar la información proporcionada por la dirección de desarrollo de negocios a fin de contar con una visión general preliminar de los alcances del proyecto y sus condiciones particulares. de ser necesario, el gerente de proyecto promoverá reunión o reuniones de aclaraciones con el cliente.

Las gerencias funcionales de: proceso, ingeniería, procuración, construcción, calidad y recursos humanos, control de proyectos, sistemas, contabilidad y finanzas y comisionamiento y arranque, según aplique, procederán a establecer con el gerente de proyecto las necesidades de personal y fechas de asignación para el inicio de sus funciones. Así mismo, se discutirá y acordará lo necesario para definir el esquema operativo para cada función o disciplina.

El gerente de proyecto acordará con quién corresponda la asignación de espacios, mobiliarios, software y equipo de cómputo, para dar inicio a los trabajos.

Conforme se asigne el personal por las gerencias funcionales, se integrará el equipo de trabajo para la ejecución del proyecto. El gerente de proyecto, cuando lo juzgue necesario, convocará y llevará a cabo una junta de arranque Interna, que dé inicio a la interacción entre los diferentes integrantes del equipo de trabajo.

El gerente de proyecto conjuntamente con el líder de control de proyecto, procederá a la adaptación del WBS y a establecer el catálogo de cuentas contable.

El ingeniero de proyecto procederá a definir e implantar conjuntamente con el gerente de proyecto, el sistema de control de documentos.

Cuando lo considere conveniente, el gerente de proyecto promoverá la realización de la junta de arranque del proyecto con la participación del cliente.

Cuando el gerente del proyecto lo considere conveniente, promoverá la realización de la junta de alineación (primera reunión), en donde, entre otras cosas, se definirán la visión del proyecto y los resultados clave del proyecto.

El gerente de proyecto, con la participación de sus colaboradores, establecerá el programa general del proyecto. Este programa implicará las fechas clave contractuales, pero puede tener carácter de preliminar en tanto se profundiza en el conocimiento del proyecto y se establece el programa definitivo.

El gerente de proyecto, con la participación de sus colaboradores, procederá a formular el proforma para el proyecto.

15.7 LISTAS DE VERIFICACIÓN DE ADMINISTRACION

Son una guía de actividades a revisar, involucradas en la elaboración y emisión de documentos administrativos, con base en los requerimientos de diseño y del cliente, las listas de verificación son registros de calidad.

Tabla(1A).- Listas de verificación de administración

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABILIDAD PRIMARIA
1.	Transferencia del proyecto de desarrollo de negocios al gerente de proyecto	
1.1	Notificación de que se ganó o perdió el proyecto	Gte. Desarrollo de Negocios
1.2	Precio As-Sold	Gte. Desarrollo de Negocios/Lider de Control de Proyecto
1.3	Contrato firmado	Gte. Desarrollo de Negocios
1.4	Notas de las juntas de desarrollo del contrato	Gte. Desarrollo de Negocios
1.5	Estrategia de la propuesta / Estrategia para ganar	Gte. Desarrollo de Negocios/Gte. de Propuestas
1.6	Propuesta As-Sold	Gte. Desarrollo de Negocios/Gte. de Propuestas
1.7	Plan de negocios del proyecto	Gte. Desarrollo de Negocios/Gte. de Propuestas
1.8	Estimado de costos del proyecto	Gte. Desarrollo de Negocios/Gte. de Propuestas/Lider de Control de Proyectos
1.9	Programa del proyecto	Gte. Desarrollo de Negocios/Gte. de Propuestas/Lider de Control de Proyectos
1.10	Plan de ejecución del proyecto (en caso de no estar incluido en la propuesta)	Gte. Desarrollo de Negocios/Gte. de Propuesta
2.	Arranque del proyecto	
2.1	Resumen del contrato	Gte. de Proyecto/Legal
2.2	Asignación de recursos clave	Gte. de Proyecto
2.3	Revisión de lecciones aprendidas	Gte. de Proyecto
2.4	Revisión de la estrategia de la propuesta / Estrategia para ganar	Gte. de Proyecto
2.5	Junta de alineación comercial (garantías, contingencias)	Gte. de Proyecto/Lider de Control de Proyecto
2.6	Junta de arranque del proyecto (con cliente para	Gte. de Proyecto/Lider Control de

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABILIDAD PRIMARIA
	establecer visión del proyecto)	Proyecto
2.7	Junta de alineación interna del proyecto (para generar la misión del proyecto)	Gte. de Proyecto
2.8	Planeación del proyecto	
	A. Roles y responsabilidades:	Gte. de Proyecto
	• WBS	Líder de Control de Proyecto
	• Plan de adquisición de equipos y materiales y matriz de responsabilidades	Gte. de Procuración
	B. Resumen de costos/ingresos:	Gte. de proyecto
	• Estados financieros	Líder de Control de Proyecto
	• Plan de capital de trabajo del proyecto	Líder de Control de Proyecto
	• Estimado de costos según se vendió (verificación de omisiones o consideraciones)	Líder de Control de Proyecto
	• Programa de pagos	Líder de Control de Proyecto
	C. Administración de riesgo:	Gte. de Proyecto
	• Plan de administración de riesgos del proyecto	Gte. de Proyecto
	• Factores de riesgo del proyecto, riesgos mayores y plan de oportunidades	Gte. de Proyecto
	• Costo del plan de mitigación de riesgos	Líder de Control de proyectos
	• Riesgos por disciplina y evaluación de oportunidades	Líder de la disciplina
	D. Plan de incentivos contractuales con el cliente	Gte. de Proyecto
	• Plan según se vendió	Líder de Control de Proyecto
	• Acciones requeridas para cumplir o mejorar el plan	Gte. de Proyecto
	E. Flujo de efectivo	Gte. de Proyecto
	• Plan de Flujo de efectivo y costo financiero	Líder de Control de Proyecto
	• Plan de capital de trabajo del proyecto	Líder de Control de Proyecto
	• Ingresos del proyecto y pronóstico de la utilidad	Líder de Control de Proyecto
	• Plan detallado de gastos	Líder de Control de Proyecto
2.9	Plan de ejecución del proyecto	Gte. de Proyecto
	A. Resumen del proyecto	Gte. de Proyecto
	B. Plan de actividades de la gerencia del proyecto	Gte. de Proyecto
	C. Organización y plan de asignación de personal	Gte. de Proyecto
	D. Plan de control del proyecto	Líder de Control de Proyecto
	E. Plan de manejo de cambios	Gte. de Proyecto/Líder de Control de Proyecto
	F. Plan de automatización	Gte. de Sistemas
	G. Plan de ingeniería/diseño	Ingeniero de Proyecto
	H. Plan de control de materiales	Gte. de Procuración
	I. Plan de subcontratos	Gte. de Procuración

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABILIDAD PRIMARIA
	J. Plan de Construcción	Gte. de Construcción
	K. Plan de Calidad	Gte. de Calidad
	L. Plan de Creación de Valor	Coordinador de Creación de Valor
	M. Plan de Seguridad	Jefe de Seguridad
	N. Plan de Pruebas, entrega y aceptación	Gte. de Sitio
	O. Plan de Operación y mantenimiento	Gte. de Proyecto
	P. Plan de Cierre del Proyecto	Gte. de Proyecto
2.10	Revisión de la lista de verificación de requerimientos del proyecto	Gte. de Proyecto
2.11	Alcance de instalaciones/Alcance de servicios	Gte. de Proyecto/Lider de Control de Proyecto
2.12	Revisión gerencial al plan de negocios (que sea controlable)	Director de Proyecto
2.13	Manual de procedimientos del proyecto	Gte. de Proyecto
	A. Plan de Control del Proyecto	Líder de Control de Proyecto

Tabla(1B).- Listas de verificación de administración

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABILIDAD PRIMARIA
	B. Plan de Manejo de cambios	Gte. de Proyecto/Lider de Control de Proyecto
	C. Plan de Automatización	Líder de Sistemas
	D. Plan de Ingeniería/Diseño	Ingeniero de Proyecto
	E. Plan de Control de materiales	Líder de Procuración
	F. Plan de Subcontratos	Líder de Procuración
	G. Plan de Construcción	Gte. de Sitio
	H. Plan de Calidad	Lider de Aseguramiento de Calidad
	I. Plan de Creación de Valor	Coordinador de Creación de Valor
	J. Plan de Seguridad	Jefe de Seguridad
	K. Plan de pruebas, entrega y aceptación	Gte. de Proyecto/Gte. de Construcción
	L. Plan de Medio Ambiente	Lider Aseguramiento de Calidad
	M. Plan de Operación y Mantenimiento	Gte. de Proyecto
	N. Plan de cierre del proyecto	Gte. de Proyecto
	O. Boletines de trabajo	Ingeniero de Proyecto
2.14	Establecer índice general de archivos del proyecto y	Gte. de Proyecto

	programa de retención de documentos	
2.15	Desarrollo de programa a 90 días (Determinación de fechas y quien va a hacerlo)	Gte. de Proyecto/Líder de Proyecto
2.16	Reportes y revisiones al proyecto (Para mantener la perspectiva y hacer propuestas de mejora a través de generación de ideas)	Gte. de Proyecto/Líder de Control de Proyecto
2.17	Junta de alineación externa de proyecto (Para generar la visión, determinar áreas clave y elaborar plan de trabajo)	Gte. de Proyecto

15.8 LISTAS DE VERIFICACIÓN DE ARRANQUE DEL PROYECTO

Estas son una guía de actividades a revisar, involucradas en la elaboración y emisión de documentos técnicos y administrativos, con base en los requerimientos de diseño y del cliente, las listas de verificación son registros de calidad.

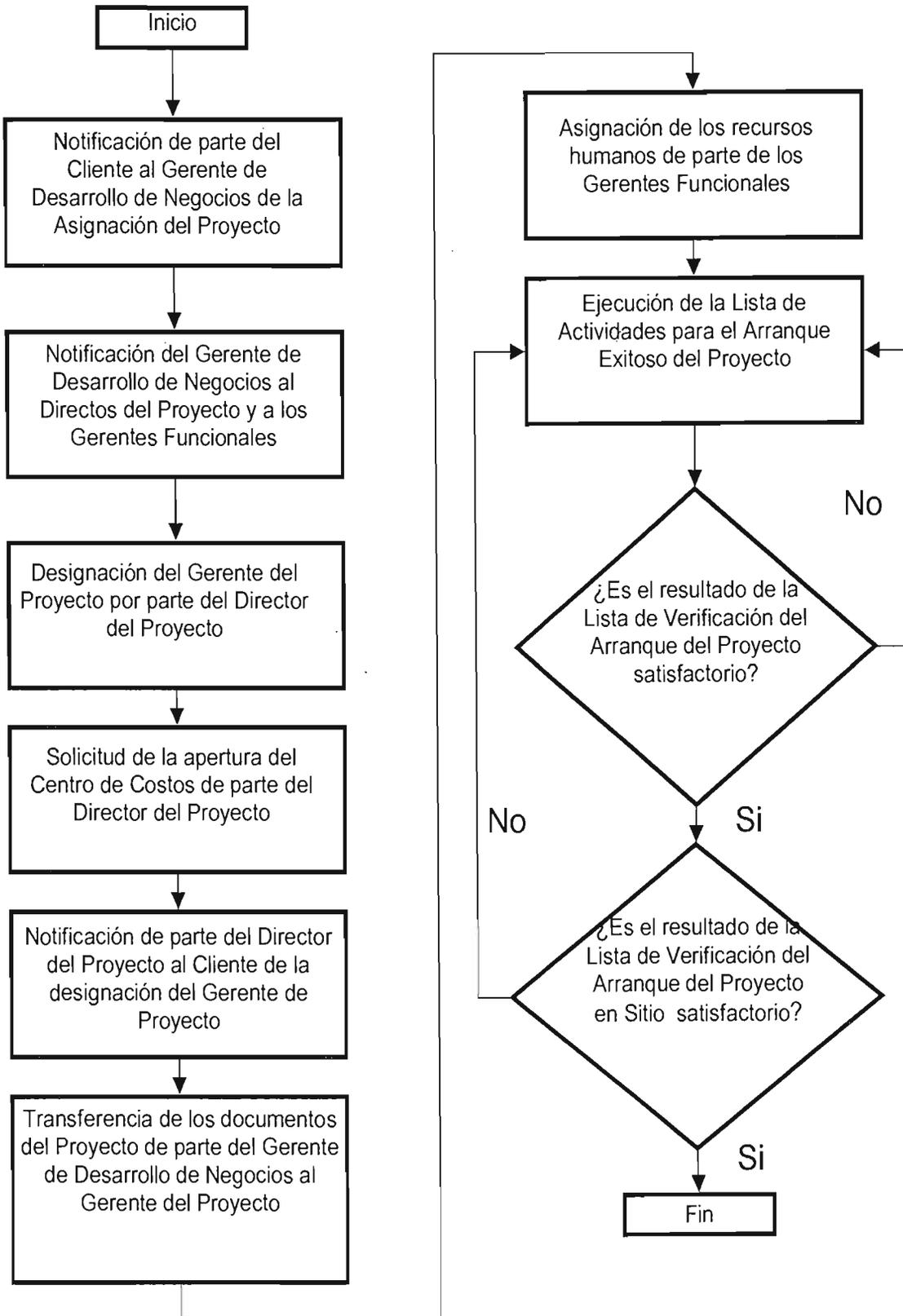
Tabla(2).- Listas de verificación de arranque del proyecto

NO.	CONCEPTO	RESPONSABLE			COMENTARIOS
			SI	NO	
1.0	GENERALES				
	1.1 Minuta de junta de arranque en sitio	Gte. Sitio			
	1.2 Definición de roles y Responsabilidades del personal clave	Gte. Sitio			
	1.3 Plan de instalaciones Provisionales (inversión) y equipos	Gte. Sitio			
	1.4 Programa de necesidades de personal en el sitio	Gte. Sitio			
	1.5 Convenio con el sindicato para suministro de personal	Gte. Sitio			
	1.6 Plan de trámite de permisos en sitio	Gte. Sitio			
	1.7 Programa de adoctrinamiento y capacitación de personal	Gte. Sitio / Gte. R. H.			
	1.8 Indice de archivos del proyecto	Gte. de Proyecto			
	1.9 Política asignación temporal de personal al sitio	Gte. R. H.			
2.0	CONTROL DE PROYECTOS				
	2.1 Alcance detallado del proyecto y WBS	Líder de Control de Proyectos			
	2.2 Programas detallados del proyecto	Líder de Control de Proyectos			

NO.	CONCEPTO	RESPONSABLE			COMENTARIOS
			SI	NO	
	2.3 Estimado de costos del proyecto según se vendió	Líder de Control de Proyectos			
	2.4 Resumen del contrato	Gte. Proyecto			
	2.5 Plan de negocios del proyecto	Gte. Proyecto			
	2.6 Plan de mitigación de riesgos en sitio	Gte. Sitio			
	2.7 Control de cambios	Líder de Control de Proyectos			
	2.8 Reportes de avance	Líder de Control de Proyectos			
	2.9 Control de costos y productividad de construcción	Suptte. de Construcción			
3.0	INGENIERIA				
	3.1 Programa de suministro de documentos de Ingeniería	Ingenieros de Proyecto			
	3.2 Programa de revisión del modelo 3D	Gte. de Proyecto			
	3.3 Programa de chequeo cruzado con construcción	Ingeniero de Proyecto			
4.0	PROCURACION				
	4.1 Plan de procuración	Líder de Procuración			
	4.2 Plan de subcontratos	Líder de Procuración			
	4.3 Programa de suministro de equipos y materiales	Líder de Procuración			
	4.4 Control de almacén	Líder de Procuración			
5.0	CONSTRUCCION				
	5.1 Plan de construcción	Suptte. de Construcción			
	5.2 Plan de seguridad	Líder de Seguridad			
	5.3 Estudios de construibilidad del proyecto	Sptte. de Construcción			
	5.4 Programa de suministro de maquinaria y vehiculos	Sptte. de Construcción			
	5.5 Proforma de construcción	Gte. de Sitio			
	5.6 Definición de entrega de sistemas	Líder de			

NO.	CONCEPTO	RESPONSABLE			COMENTARIOS
			SI	NO	
	a puesta en servicio	Puesta en Servicio			
6.0	CALIDAD		SATISFACTORIO		
	6.1 Política de Calidad y Medio Ambiente	Líder de Aseguramiento de Calidad			
	6.2 Plan de Calidad y Medio Ambiente	Líder de Aseguramiento de Calidad			
	6.3 Lista de verificación de requerimientos del cliente	Líder de Aseguramiento de Calidad			
	6.4 Manual de procedimientos del proyecto	Gte. de Proyecto			
	6.5 Plan de gestión ambiental	Líder Ambiental			
	6.6 Revisión de lecciones aprendidas	Líder de Aseguramiento de Calidad			
	6.7 Identificación de procesos especiales	Líder de Control de Calidad			
	6.8 Identificación de requerimientos de certificación de materiales	Líder de Control de Calidad			
	6.9 Listas de verificación de requerimientos a subcontratistas	Spte. De Construcción			

15.9 DIAGRAMA DE FLUJO DEL INICIO DE UN PROYECTO



15.10 CONTENIDO DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

La planta de generación de energía con una potencia total de 498 MW netos en las condiciones de diseño de verano. La unidad tendrá una configuración de "dos por uno", es decir; dos turbinas de gas con alternador cada una, dos calderas de recuperación de gases, y una turbina de vapor con alternador. La planta se abastecerá de agua proveniente del colector principal de aguas negras; la cuál llegará a un cárcamo de bombeo y se tratará a fin de obtener las diferentes calidades de agua requeridas para la planta. La planta utilizará gas natural como combustible

SISTEMA DE CONTROL.

El control y la supervisión de la central será realizada mediante un sistema de control integrado (SCI) el cual estará alojado en un cuarto de control central, desde donde se efectuará la coordinación y control de la operación de la planta, teniendo también comunicación con el centro nacional de control de energía (CENACE) de la CFE, para que la energía generada pueda ser controlada remotamente por la comisión.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO PRINCIPAL Y AUXILIAR

El sistema de enfriamiento principal del módulo de generación estará integrado por un aerocondensador montado en arreglo tipo "A", un ducto de interconexión turbina aerocondensador y un sistema de cabezales para la distribución de vapor a las diferentes secciones o calles del aerocondensador, así mismo se contará con un sistema de limpieza del aerocondensador con agua inyectada a alta presión que elimine la suciedad acumulada en la parte exterior de los tubos, la cual afecta el correcto funcionamiento de este equipo.

La fuente de enfriamiento será el aire circulado por las diferentes bahías del aerocondensador por medio de los abanicos instalados en ellas.

El sistema de enfriamiento auxiliar dispondrá de una torre de enfriamiento del tipo celda múltiple a contraflujo para el suministro de agua necesario (agua tratada), para el circuito secundario de enfriamiento indirecto a través de intercambiadores de calor agua-agua, el cual da servicio a los auxiliares de los generadores eléctricos y las turbinas tanto de combustión como de vapor.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE

El combustible base de la planta, es gas natural, el cual será suministrado a través de un gasoducto que se interconectará en un punto ubicado a 2350 metros de la central, conectando una estación de medición y recompresión del gas, que se ubicará en la esquina noreste del predio de la planta. Desde este punto se diseñará y construirá el sistema de conducción de gas hasta el punto de entrada a las turbinas de combustión así como del sistema de fuego suplementario de las calderas de recuperación de calor y calderas de arranque.

La estación de medición de gas natural con el cabezal contará con un computador de flujo basado en microprocesador, el cual contará con un display local para el monitoreo y control.

Sistema de agua de servicios de repuesto a torres de enfriamiento y de repuesto al ciclo.

Toda el agua a emplearse en la central será tomada del agua negra, desde una obra de toma que se localiza al noreste de la central, la cual incluye un sistema de bombeo con 2 unidades del 100% de capacidad cada una y una sección de asentamiento y cribado de sólidos inicial. Con excepción del agua potable (bebible), la cual se manejará en garrafones.

Los servicios requeridos de agua para satisfacer las necesidades de la central son:

- Agua de Enfriamiento.

- Agua de Servicios.
- Agua Contra Incendio.
- Agua de Reposición para los Enfriadores Evaporativos.
- Agua de Reposición al ciclo de vapor.

SISTEMA QUÍMICO DEL CICLO AGUA/VAPOR

El sistema agua/vapor considera la inyección de químicos en diferentes puntos del ciclo en los recuperadores de vapor, para control de los diferentes parámetros que garantizan la correcta operación del sistema (dureza, oxígeno y pH). En el domo de alta presión se inyectará el fosfato y en la descarga de las bombas de condensado se incorporará el secuestrante de oxígeno y la amina.

SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

El sistema de aire comprimido estará constituido por dos compresores (2x100%) de tipo tornillo libre de aceite, el flujo de aire proporcionado por el sistema será de 1,039 m³ std/h y se dispondrá de tanques receptores de aire con capacidad adecuada al flujo manejado.

RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE EFLUENTES

Para la etapa de construcción y puesta en servicio la recolección y disposición de todo tipo de efluentes, serán manejados por medio de un servicio especializado y autorizado, siendo la empresa contratada para este servicio la que cuente con permiso ante la autoridad correspondiente para la disposición final de este tipo de aguas, se realizará supervisión constante del cumplimiento ante la autoridad y servicio prestado.

SISTEMA ELÉCTRICO

El proyecto consistirá en el desarrollo de las instalaciones para la subestación de 115 KV dentro de la central, el sistema de transmisión para enlace con la subestación eléctrica de CFE, y el sistema eléctrico para suministro de energía a los servicios auxiliares de la central.

SUBESTACIÓN DE 115 KV

La conexión del cuarto de control con a las instalaciones de la CFE, se realizará a través de una subestación de 115 KV, tipo abierta, la cual contará con tres líneas de entrada provenientes de los transformadores principales asociados a los turbogeneradores y dos de salida para realizar la interconexión con la subestación de CFE.

Las dos líneas de salida, constituirán el doble enlace requerido entre la subestación y el sistema de CFE.

El barraje dentro de la subestación será a base de bus rígido de aluminio. Los conductores empleados en las líneas de enlace serán soportados por torres o por postes de acero tipo troncocónico y por estructuras de acero tipo "H" para el remate en la subestación.

El arreglo a emplear en la subestación será el de "interruptor y medio", para lo cual se instalarán 7 interruptores. Todos los componentes de la subestación, como TCs, TPs, cuchillas e interruptores, etc., serán diseñados para un BIL de 550 KV y una distancia de fuga de 45 mm/KV.

La subestación contará con un cuarto de control en el cual se alojarán todos los equipos de protección, control, servicios propios, así como el correspondiente equipo de comunicaciones.

GENERACIÓN

Los requerimientos de generación serán cubiertos con dos turbogeneradores de gas y un turbogeneradores de vapor. Los generadores de las turbinas de gas serán de tipo síncrono, enfriados por hidrógeno, con aislamientos clase F y temperatura de operación acorde a clase B, con factor de potencia de 0.9 (atrasado), 60 Hz, 18 KV. El generador de las turbinas de vapor será de tipo síncrono, enfriado por hidrógeno, con aislamientos clase F y temperatura de operación acorde a clase B, con factor de potencia de 0.9 (atrasado), 60 Hz, 22 KV.

La energía para alimentación de los sistemas auxiliares de la planta durante el arranque se obtendrá desde la red de CFE. Una vez establecida la generación, todos los servicios de la planta serán alimentados desde el propio bus de generación a través del transformador auxiliar de 18-4.16 KV.

La capacidad total de generación será alrededor de 518 MW.

Los generadores accionados por turbinas de gas contarán a su salida con un interruptor de máquina cuyo medio de extinción podrá ser aire, vacío ó gas SF6.

La conexión de los generadores a los interruptores de máquina así como a los transformadores principales, se efectuará mediante bus de fase aislada, del tipo autoenfriado, calculado en acuerdo a la máxima corriente que pueda producir cada una de las máquinas, y al máximo valor de falla de corto circuito.

Los dos transformadores principales asociados a los turbogeneradores de gas, serán del tipo OA/FA/FA, 55°C, conexión delta-estrella con el neutro del secundario conectado sólidamente a tierra, relación 18-115 KV. Los transformadores serán protegidos con relevadores multifunción, además de dispositivos tales como indicador de nivel, detector de temperatura en el aceite y en los devanados, relevador Buchholz, etc. La protección contra sobretensiones será proporcionada por medio de apartarrayos tipo estación de óxido metálico.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

TRANSFORMADORES AUXILIARES

Los transformadores auxiliares asociados a los generadores, serán del tipo OA/FA/FA, 65°C, conexión delta-estrella con el neutro de su secundario conectado a tierra por medio de baja resistencia, relación 18-4.16 KV.

Los transformadores serán protegidos con relevadores multifunción, además de dispositivos tales como indicador de nivel, detector de temperatura en el aceite y en los devanados. Tablero/centro de control de motores en 4160 V.

Los alimentadores provenientes de los transformadores auxiliares, se conectarán a un tablero de distribución en media tensión que, en su parte metal-clad, contará con interruptores principal y derivados, cuyo medio de extinción será el vacío.

Los interruptores derivados se emplearán para controlar y proteger subestaciones unitarias, el sistema de arranque de la turbina de gas y los transformadores de excitación de los turbogeneradores.

En este mismo tablero de distribución, en su parte metal-enclosed, se contará con combinaciones de contactor en vacío con fusibles limitadores de corriente, para controlar y proteger motores mayores de 250 H.P.

CENTROS DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V

Los centros de control de motores serán para servicio interior, autosoportados, con gabinete de frente muerto, construcción NEMA 1, alambrado clase I, tipo B, de acuerdo a normas ANSI y NEMA.

Los arrancadores, serán controlados remotamente desde el centro de control de motores, según lo requiera el control del proceso.

Cada arrancador contará con un interruptor magnético en caja moldeada, un contactor magnético, o dos si es de tipo reversible, relevadores de sobrecarga, un transformador de control y relevadores de interposición si se trata de equipo controlados por el ICS. El tamaño mínimo del arrancador será NEMA 1.

Los centros de control de motores en baja tensión incluirán también interruptores termomagnéticos derivados para controlar y proteger cargas diversas y equipos paquete, así como transformadores secos para cargas de alumbrado y contactos monofásicos.

CABLE

El cableado para los sistemas de fuerza, alumbrado y contactos, así como para los sistemas de control e instrumentación cumplirá con los requerimientos de la norma NOM-001-SEDE-1999.

CANALIZACIONES

Los conduits enterrados serán de PVC y se encontrarán embebidos en concreto formando bancos de ductos. En la subestación de 400 KV se emplearán trincheras.

Los conduits expuestos serán metálicos, tipo semipesado y de 19 mm de diámetro como mínimo.

Las canalizaciones tipo escalera (charolas), serán de aluminio con cubierta metálica en áreas expuestas a la intemperie ó sujetas a daño mecánico. Los sistemas de charolas se instalarán separados para cada nivel de voltaje.

Se empleará conduit flexible para conectar equipo que requiera ser desmontado para mantenimiento y también para aquel que se encuentre sujeto a vibraciones ó movimiento.

Se utilizará conduit flexible a prueba de líquidos, con conectores apropiados, en equipos localizados en la intemperie ó expuestos a la humedad.

ALUMBRADO Y CONTACTOS

El sistema de alumbrado interior y exterior será diseñado aplicando los niveles de iluminación recomendados por la sociedad mexicana de ingeniería de iluminación y por la CFE para esta clase de plantas. Se considerará un sistema de alumbrado.

TIERRAS Y PARARRAYOS

El sistema eléctrico será aterrizado como sigue:

Para 115 KV, sólidamente.

Para 18 KV y 22 KV, resistencia en el neutro del generador.

Para 4.16 KV, baja resistencia en el neutro del transformador de auxiliares.

Para 480 V, sólidamente aterrizado.

Para 220/127 V, sólidamente aterrizado.

Se empleará conductor desnudo de cobre, de diferentes calibres, principalmente cal 4/0 AWG, así como electrodos en forma de varilla y conexiones soldables del tipo "reacción exotérmica" y en algunos casos del tipo mecánico para conformar el sistema de tierras.

Las diferentes mallas (incluida la de CFE), serán interconectadas.

Las torres, cercas, soportes, canalizaciones, carcasas de motores, envolventes de tableros y todas las partes metálicas no portadoras de corriente serán conectadas a la malla de tierra.

Los motores y diversos equipos eléctricos además serán conectados a tierra mediante el cuarto hilo instalado en la canalización o en el cable multiconductor.

Se proporcionará protección catódica para proteger de la corrosión a los equipos e instalaciones que lo requieran, de acuerdo a lo que se defina en la etapa de ingeniería de detalle.

LISTA DE EQUIPO ELÉCTRICO MAYOR PRINCIPAL

- Subestación de 115 KV con:
- Subestación de 115 KV con Interruptores en SF6, cuchillas desconectoras,
- Transformadores de potencial, transformadores de corriente, bus rígido y/o flexible y tableros de control, medición y protección
- Líneas aéreas para interconexión con la subestación de CFE
- Transformadores principales 18–115 KV y 22-115 KV
- Bus de fase aislada
- Tablero metal-clad/CCM metal- enclosed de 4.16 KV
- Transformadores de media potencia 4.16 – 0.48 KV
- Centros de control de motores en 480 V
- Sistema de energía ininterrumpible (UPS)
- Bancos y cargadores de baterías
- Generador diesel de emergencia

GENERADOR DIESEL DE EMERGENCIA

Este equipo se utilizara para proporcionar alimentación de respaldo a las cargas esenciales de la planta. Su capacidad será determinada en la ingeniería de detalle y operará a 480 V, 60 Hz, 3F, factor de potencia de 0.9 e Incluirá un sistema de excitación de tipo estático, regulador de voltaje de estado sólido y tablero de control para transferencia automática y sincronización.

VOLTAJES APLICABLES

Los niveles de voltaje serán:

- 115 KV voltaje de interconexión.
- 18 KV y 22 KV voltaje de generación.
- 4.16 KV voltaje para distribución y motores mayores de 250 HP.
- 480 KV voltaje para distribución y motores de 1 a 250 HP.
- 220/127 V voltaje para iluminación, calentadores de espacio e instrumentos.
- 127 V voltaje para motores fraccionarios.
- 120 V voltaje de UPS.
- 125 VCD voltaje para sistemas de protección, control e instrumentación y para motores de bombas de emergencia de aceite de lubricación.

EDIFICIO DE ALMACÉN Y TALLER DE MANTENIMIENTO

· Edificio desarrollado en 1 nivel, contará con un área de maniobras; área de almacén, donde se tendrán disponibles las piezas, equipos, repuestos, herramientas, etc. necesarias; y taller, donde se dará el mantenimiento requerido a los equipos de la planta; oficinas y baños y vestidores para hombres.

- La estructura será a base de columnas y estructura metálica; los acabados serán con los siguientes criterios:
 - Pisos: acabado de cemento pulido con endurecedor mineral integral al colado y loseta de cerámica (en oficinas).
 - Muros: block hueco de cemento arena (aparente en interiores de almacén y mantenimiento), aplanado de cemento arena fino en divisiones interiores de oficinas y rugoso en fachadas exteriores, pintura vinílica sobre muros de block, lambrín de loseta de cerámica (en muros húmedos de baños).
 - Cubierta: sistema de lámina metálica tipo pinto con aislamiento térmico.
 - Plafones: falso plafón a base de bastidor metálico de línea y paneles de yeso tipo tablaroca (en áreas de oficina) o paneles de cemento tipo Durock (en áreas húmedas de baños) acabados con pintura vinílica.
 - Herrería: accesos principales con cortinas metálica enrollables, puertas de acceso peatonal e interiores de perfiles tubulares y tableros de lámina metálica, ventanas interiores de perfiles de aluminio anodizado natural tipo bolsa ligera y cristal.
 - Instalaciones: se consideran instalaciones sanitarias a base de tubería de PVC e instalaciones hidráulicas a base de tubería de cobre en diámetros según diseño. Con válvulas de compuerta en los ramales de salida. La operación de los muebles sanitarios será con fluxómetros manuales. Los muebles sanitarios serán de línea institucional en color blanco. Las bajadas de aguas pluviales serán a base de tubería de PVC al interior del edificio.

ALMACÉN DE RESIDUOS PELIGROSOS

- Edificio desarrollado en 1 nivel. En él se efectuará el almacenaje temporal de productos químicos y los residuos peligrosos que se generen durante la operación de la planta.
- La estructura será metálica y los acabados serán con los siguientes criterios:
 - Pisos: acabado de concreto estriado en rampas y cemento pulido al interior del edificio.
 - Muros: cerca de malla ciclónica perimetral sobre rodapié de concreto acabado aparente.
 - Herrería: Puerta de acceso de malla ciclónica.

COBERTIZOS

· Construcciones desarrolladas en 1 nivel. Ubicadas en diferentes partes de la planta de acuerdo a su función como son el cobertizo de bombas contra incendio, cobertizo del área de cloración, cobertizo para compresores de aire, cobertizo de regulación y medición de gas, cobertizos de bombas de agua de alimentación a caldera, cobertizos de (CO₂), cobertizos de (H₂) y (N₂) y el cobertizo de compresores para gas.

- La estructura será metálica, y los acabados serán con los siguientes criterios:
- Pisos: concreto acabado pulido. Cubierta: a base de lámina metálica cal. 24 tipo pintro.

AREAS EXTERIORES

Estacionamiento

- Se consideran dos áreas de estacionamiento descubierto, uno con capacidad para 6 autos y el segundo con capacidad para 12 autos.

AREAS VERDES

- Se desarrollará un área de amortiguamiento ecológico alrededor de la planta (10.00 mts de ancho en promedio), para crear una barrera aislante de ruido.

Este cinturón se planteará con base en lo que dicta la norma de la dirección general de normatividad ambiental para este proyecto, (ver descripción en ingeniería ambiental). De igual forma al rededor de los edificios principales se dejarán áreas disponibles para la instalación de áreas verdes.

OBRAS CIVILES

De acuerdo con la mecánica de suelos preliminar, entregada por CFE, se recomiendan cimentaciones superficiales para los equipos principales, secundarios y todas las instalaciones y estructuras de la planta. Se contará con un camino de acceso a la planta de asfalto.

Sin embargo, previamente a la construcción de las cimentaciones será necesario efectuar un mejoramiento del subsuelo, consistente en la remoción del suelo superficial en el espesor que nos indique el estudio de mecánica de suelos.

El material removido volverá a ser colocado compactándolo en capas; todo ello para evitar posibles asentamientos por el potencial que presenta el estrato superficial.

Se incluye la construcción de las vialidades interiores, que serán de pavimento asfáltico, así como las losas de pisos de concreto para la casa de máquinas, edificios, administrativos, subestaciones, almacén-taller y estacionamientos.

El resto de las áreas de proceso no ocupadas de la central serán cubiertas de grava o se quedarán intactas según se determine durante el desarrollo de la ingeniería de detalle.

En adición a lo anterior se contará con una barrera ecológica de árboles alrededor del predio, excepto en el lado de la subestación eléctrica.

15.11 ORGANIGRAMA DEL PROYECTO ENERGIA

En la figura (16) se muestra el organigrama del proyecto de energía.

ORGANIGRAMA

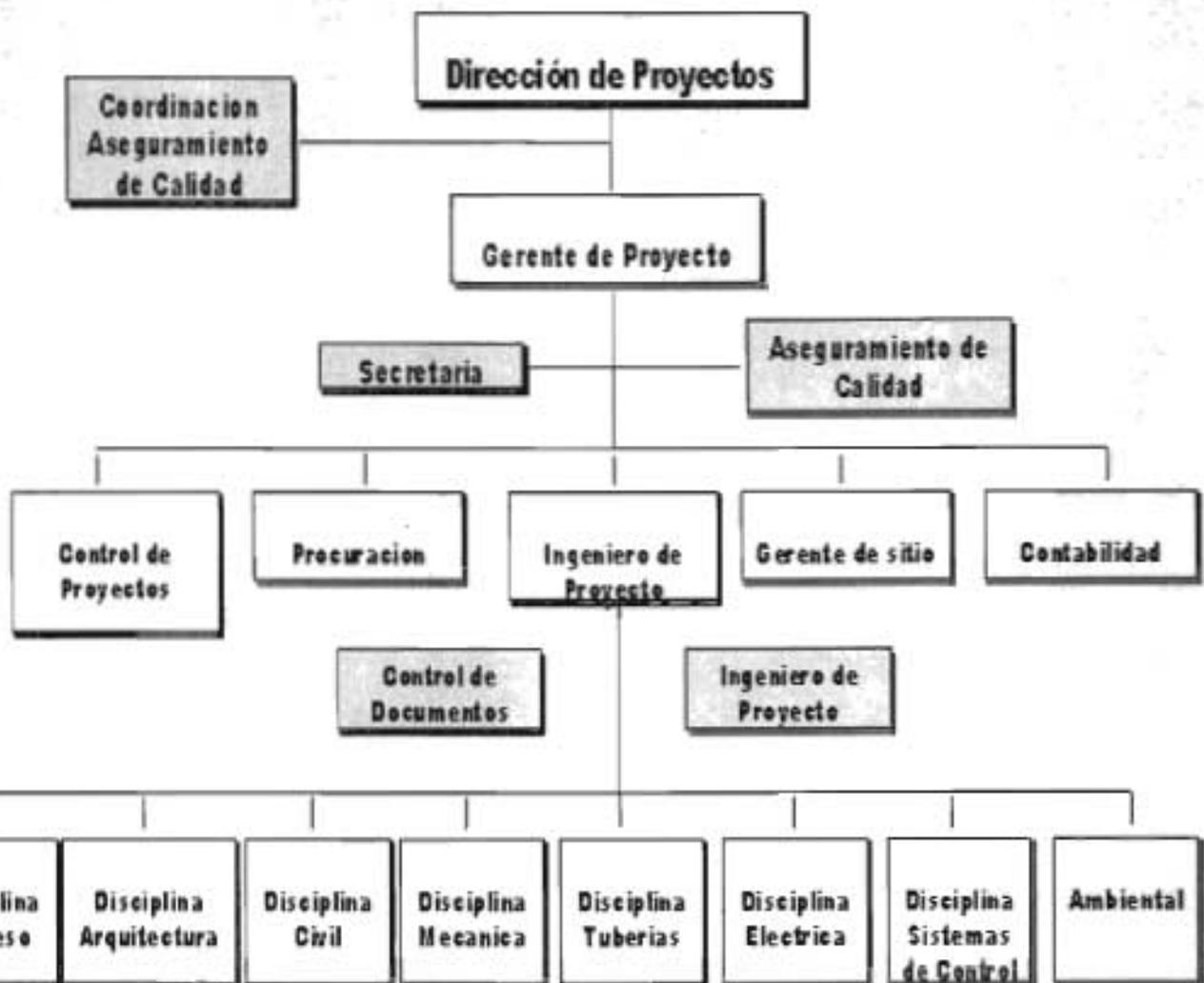


Figura (16). - Organigrama

15.12 WBS DEL PROYECTO DE ENERGIA

En la figura (17) se muestra WBS del proyecto de energía.

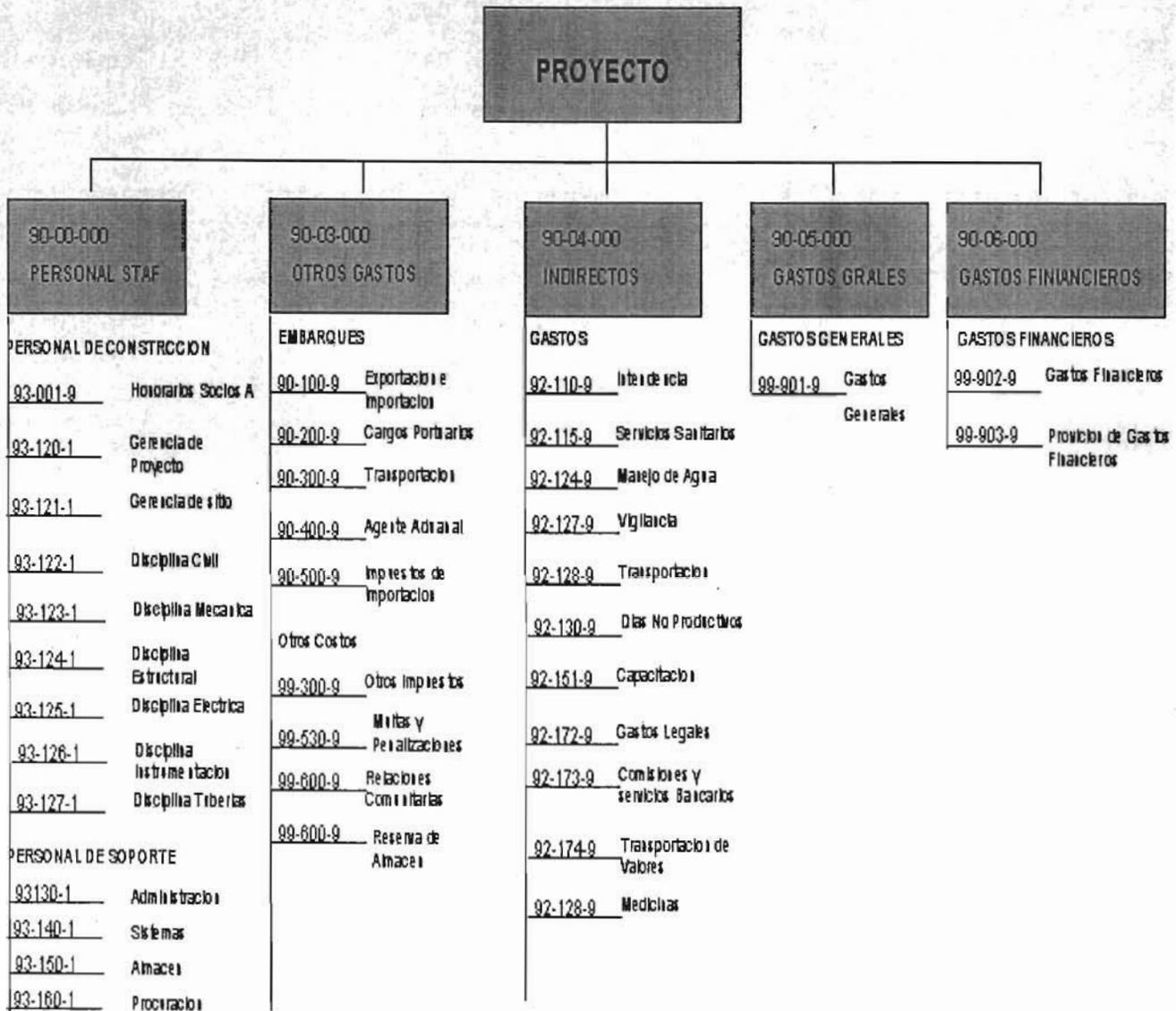


Figura (17).- WBS del proyecto de energía

15.13 LISTAS DE VERIFICACIÓN PARA REVISAR EL DISEÑO

Es una guía de actividades a revisar, involucradas en la elaboración y emisión de documentos técnicos, con base en los requerimientos de diseño y del cliente, las listas de verificación son registros de calidad.

LISTA DE VERIFICACIÓN GENERAL

NOMBRE DEL CLIENTE

Nombre oficial del proyecto

¿ Se ha desarrollado un modelo integrado del proyecto (MIP)?

Plan site layout reference drawing

Building layout reference drawing

Propósitos

Costo estimado del proyecto

Bases y control de diseño de la ingeniería

Información para el programa del proyecto y control de costo

- Incluya los dibujos de referencia

ALCANCE DE TRABAJO DEL PROYECTO Y LISTA DE VERIFICACION DE RESPONSABILIDADES

Nombre del proyecto

Localización del sitio y tamaño ... ¿ quién comprará el sitio?

Responsabilidades

Definición del producto

Capacidad y fuente del dato de capacidad

Fuente de materias primas

¿La planta tendrá una expansión? ¿ De qué capacidad?

Descripción de las operaciones de producción

Descripción del soporte a la producción y mantenimiento

Servicios auxiliares

Transportación

Consideraciones especiales- dirigidas por el cliente

Ambientales

Conservación de energía

RESPONSABILIDADES DE ADMINISTRACIÓN

Tabla(3).- Responsabilidades de administración

Manual de procedimientos
Reportes mensuales
Control de documentos
Requisiciones
Obtención de la aprobación del cliente
Ayuda con permisos y licencias
Licencia de Construcción
Reporte de materiales
Presupuesto y estimado definitivo
Arranque y puesta en servicio
Entrenamiento
Mantenimiento
Reposición de pieza o partes
Planos en "As built "
Análisis de costos

COMPROMISOS DEL CLIENTE

Tabla(4).- Compromisos del cliente

Responsabilidades del cliente—deben ser definidas en el contrato
Aprobación de los dibujos o especificaciones
Aprobación de la oferta
Dirección técnica
Identificar los requerimientos especiales del proceso, estudios y evaluaciones
Proveer Licencias
Proporcionar datos de diseño del proceso, especificaciones de materiales
Tramitar permisos, licencias, servidumbres, derechos de vía y propiedad real
Proporcionar e instalar químicos, materia primas y lubricantes
Proveer la operación y el Mantenimiento de la fuerza de trabajo

INGENIERIA DE PROCESO, LISTAS DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Tabla(5).- Listas de verificación de diseño proceso

Proceso general/ definición del producto
Capacidad de salida
Fuentes de los materiales
Definición del flujo de proceso
Consideraciones de diseño mayores
Definición específica del proceso por el sitio de trabajo, operación unitaria y centro de producción
Estándares industriales y especificaciones relacionadas con el producto o proceso
Consideraciones de diseño de seguridad
Dibujos de referencia
Diagramas de bloque
Diagramas de flujo de servicios auxiliares
Diagramas de tuberías e instrumentación
Balance de material
Datos de producción y productividad

INGENIERIA CIVIL, LISTA DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Tabla(6).- Listas de verificación de diseño ingeniería civil

Datos Climatológicos
Temperatura --- mínima, máxima, máxima en verano bulbo seco y bulbo húmedo
Viento—vientos dominantes, velocidad máxima, velocidad de diseño, consideraciones de tornados o huracán
Precipitación --- máxima en 1 hora, máxima en 12 horas, máxima en 24 horas, máxima en 10 años y frecuencia en 25 años
Nieve--- profundidad máxima registrada, diseñada base
Sismicidad—clasificación de la zona
Límite y topografía
Evaluación del suelos y requerimientos de relleno y compactación
Drenajes, tratamiento de agua residual y control de la erosión
Transportación--- por agua, tren, camión
Cerca
Caminos, calzadas y estacionamientos—material y estándares de diseño
Suministro de agua

Charcas, lagunas y diques

Acabados y drenaje

Desecación

Consideraciones especiales del subsuelo

Pastisales y paisaje

Planos civiles

Plot plan

Plano de Terreno

Camino y vías férreas

Captación de agua pluvial y drenajes

Sistemas enterrados

Disposición de residuos sanitarios sólidos y líquidos

Planos de referencia y especificaciones

Plotplan

Plano de localización

Plano de servicios auxiliares

Transporte y servicios

Plano de servicios fuera de sitio

ARQUITECTURA, LISTA DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Tabla(7).- Listas de verificación de diseño arquitectura

Identificación de todas las estructuras

Descripción de las estructuras

Materiales y construcción

- techos

- muros interiores

- muros exteriores

- aislamiento

- accesos a escaleras

- elevadores

- pisos

-cuartos de baño y lockers

- oficinas—construcción y acabados

- cafetería— dimensiones, acabados y servicios

- Tratamientos y acabados especiales

- Diseño interior

- Población de la planta y oficina

- Materiales estándar y especificaciones

Material para techos

Metal

Membrana

- Panel para forrar muros

- Albañilería

- Puertas, ventanas, y accesorios para ventanas que llevan cristal

- Carpintería

- Tapiz

- Cerámica y azulejo

- Piso resistente

- Piso especial

- Accesorios sanitarios

- Regaderas

- Muebles y equipo de laboratorio

- Equipo para servicio de alimentos

- Pintura

- Aislamiento

- Sellador

- Impermeabilizante

- Muebles de oficina

- Instalaciones médicas

- Estudios arquitectónicos y alternativas

- Planos de referencia

- Planos arquitectónicos

- Elevaciones

- Office layouts

- Lista de muebles

TUBERÍAS, LISTA DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Tabla(8).- Listas de verificación de diseño tuberías

Definición de límites

- Civil

- Servicios Auxiliares

- Aire acondicionado, calefacción y ventilación (HVAC)

- Proveedores de equipo

Descripción del sistemas de tuberías

- Agua

- Tipo

- Presión

- Flujo
- Aislamiento
- Servicio para...
- Aire comprimido
- Presión
- Flujo
- Servicio para
- Aire procesado
- Presión
- Flujo
- Servicio para
- Vapor y condensado
- Presión
- Flujo
- Control
- Servicio
- Hidráulica
- Tipo de fluido
- Presión
- Flujo
- Enfriamiento
- Medición
- Control
- Lubricación
- Tipo de fluido
- Presión
- Flujo
- Filtración
- Enfriamiento
- Medición
- Control
- Químico
- Tipo de fluido
- Presión
- Flujo
- Filtración
- Corrosión
- Temperatura
- Medición
- Control
- Aislamiento
- Seguridad

- Servicio
- Vacio
- Presión
- Volumen
- Condensables
- Almacenamiento de contenedores
- Volumen
- Distribución
- Tasa de uso
- Corrosión
- Ventilación
- Seguridad
- Documentos de diseño de tuberías
- Planos ortográficos
- Isométricos
- Modelos de tubería
- P&ID's
- Lista de líneas
- Especificaciones de tuberías
- Diseño e instalación de tubería para proceso y servicios auxiliares
- Materiales
- Soportes
- Chequeo de Limpieza
- Sistemas hidráulicos
- Arreglo de equipos--- lista específica de arreglos en el alcance de tuberías
- Contra incendio
- Normas, estándares aplicables incluyendo el código de construcción
- Descripción del sistema---rociador
- Fuente de agua
- Almacenamiento de agua
- Bombas contra incendio
- Outside loop
- Hidrantes
- Rociador, diluvio
- Áreas protegidas
- Estaciones de mangueras
- Casa de Equipos
- Descripción de sistema--- gases
- CO2 a baja presión
- Almacenamiento
- Áreas protegidas
- Aplicaciones locales

- Recirculación del líquido
- CO2 a alta presión
- Almacenamiento
- Áreas protegidas
- Aplicaciones locales
- Gas Halón
- Almacenamiento
- Áreas protegidas
- Sistema de alarma
- Tipo de sistema
- Detectores
- Controles y paros
- Tipo de supervisión
- Flujo de agua-- local y control remoto
- Descripción de peligros y flujo de agua por pie cuadrado
- Planos de referencia
- Plot plan
- Sistema de protección contra incendio
- Rociador
- Riser

PROCESO, LISTA DE VERIFICACION

Tabla(9).- Listas de verificación proceso

- Definición de límites
- Interfaces con proceso, ambiental tuberías y departamento mecánico
- Definición de equipo y hojas de datos
- Requisiciones
- Análisis de la oferta y recomendaciones
- Coordinación
- Revisión de dibujos del vendedor y aprobación
- Inspección del equipo y pruebas
- Instalación y alineación de instrucciones
- Pintura y aislamiento
- Requerimientos
- Especificaciones
- Análisis económico
- Identificación y numeración de equipo
- Documentos de referencia

AIRE ACONDICIONADO, LISTA DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Calefacción

Áreas calientes

Requerimientos de humedad y temperatura

Tipo de sistema

Conservación de energía

Sistemas de aire acondicionado

Áreas con aire acondicionado

Requerimientos de temperatura y humedad

Tipo de sistema

Sistema de ventilación

- Áreas ventiladas, proceso y personal

- Temperatura, humo

- Tipo de sistemas

- Requerimientos de ventilación especial

- Túneles

- Hoyos

- Tanques

Extracción

- Áreas con extracción

- Descripción del vapor de extracción

- Volumen requerido

- Tratamiento del gas extraído

Descripciones de equipo

- Calentamiento

- Enfriamiento

- Ventilación, gravedad, energía

- Extracción, ventiladores, conductos

Bases de diseño

- Datos Climatológicos

- Requerimientos de proceso

- Requerimientos de personal

- Códigos de construcción

- Administración de seguridad y salud ocupacional (OSHA)

Planos de referencia

- Plano de localización de equipos

- Programas de equipos

- Lista de equipos

Edificio de servicios

- Áreas de sanitarios

- Datos del Numero de personas

- Plomería

Cafetería

- Número de personas

- Requerimientos de equipos

Equipo de emergencia

- Regaderas de emergencia

- Lavaojos

- Primeros auxilios

- Respiradores y aparatos para respiración artificial

INGENIERIA AMBIENTAL, LISTA DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Tabla(10).- Listas de verificación de las bases de diseño ingeniería ambiental

Fuentes de contaminación y cantidades

- Aire

- Agua

- Sólidos

Filosofía de control del sistema ambiental

Consideraciones ambientales del sitio

Autoridades ambientales y su jurisdicción

Permisos y reportes de ingeniería

Fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera y su concentración

Sistemas y equipos de control de emisiones al aire

Monitoreos

Fuentes de generación de agua residual y residuos líquidos y cantidades

Sistemas y equipo para el tratamiento de aguas residuales y residuos líquidos

Efluentes y disposición de materiales

Fuentes de generación de residuos sólidos y cantidad

Disposición de residuos sólidos

Especificaciones y estándares

- Especificaciones del cliente, estándares y requerimientos

- Regulaciones estatales y federales

Planos de referencia

- Diagrama de bloques en donde se muestren los contaminantes que se generan en cada etapa del proceso

- Localización de la chimenea

- Arreglo del equipo para el control ambiental

- Lista de equipo para el control ambiental

INGENIERIA ELECTRICA, LISTAS DE VERIFICACION DE LAS BASES DE DISEÑO

Tabla(11).- Listas de verificación de diseño ingeniería eléctrica

Sistemas Eléctricos

-Fuerza

-Tierras

-Alumbrado

-Control

-Comunicación

-Alarmas

-Áreas Clasificadas

Temperaturas Ambientes

Equipos

Eficiencia de Motores

Energía Ininterrumpible

Energía de alimentación

Energía Primaria

Energía Secundaria

Distribución de Energía

Centro de Control de Motores

Tierras

Alumbrado

Alumbrado de Emergencia

Comunicación

Alarmas

Sistema de Manejadores de Equipo

Receptáculos de Soldadoras

Especificaciones

Dibujos de Referencia

15.14 HERRAMIENTAS QUE AYUDAN AL ÉXITO DEL PROYECTO.

Las herramientas de planeación y administración de proyectos (primavera project planner, Ez trac, control de costos), basadas en la red están beneficiando los procesos de colaboración, suministrando los medios para reestructurar la tendencia de administración de recursos, mejora de coordinación y ayuda a los grupos para alcanzar metas de proyecto más eficientes.

Estas herramientas ofrecen medios para dar seguimiento a proyectos y mantener metas a tiempo en proyectos, reducción de costos por retrasos, limitación de riesgos por medio de mejor estimación de costos y ayudando a administrar grupos de vendedores y contratistas.

Así como también se cuenta con herramientas que ayudan a tener un buen desarrollo de la Ingeniería (PDS, material manager) que reducen tiempos, interferencias, y que tienen una compra oportuna de Materiales, llevando un control de almacén y evitando las compras urgentes.(11)

15.14.1 Primavera Project Planner

En Primavera existe la posibilidad que mediante una hoja de datos (time sheet professional for primavera), se actualicen en cada fecha de corte (data date) duraciones, cantidades y costos. Dentro de esta hoja de datos, hay que tener cuidado en la exactitud de la información, al momento que se actualice dicho programa.

Con los avances en las comunicaciones, se puede integrar información de lugares remotos a oficina matriz para reportar avances. Primavera ofrece esta posibilidad mediante el "primavera " para que se cuente con personal en campo que actualice hojas de datos y se envíen mediante correo electrónico al programador en oficina.(4)

Con la información obtenida, se puede emitir reportes de desempeño que muestren cómo están siendo utilizados los recursos para alcanzar los objetivos planteados.

Este proceso incluye los siguientes puntos:

- Reporte de Estado: indica actualmente, dónde se encuentra el proyecto.
- Reporte de Progreso muestra lo que se ha ejecutado o desarrollado.
- Reporte de Pronóstico: predice cuál será el estado y progreso futuros en el proyecto.

Cabe señalar que es posible y recomendable que estos reportes, se junten en uno solo para que aquellas personas que los consulten cuenten con una idea más completa del proyecto.

Estos reportes deben de proveer información referente al alcance de trabajo del proyecto, su programa, presupuesto así como también reportes de calidad, ver la figura (18).

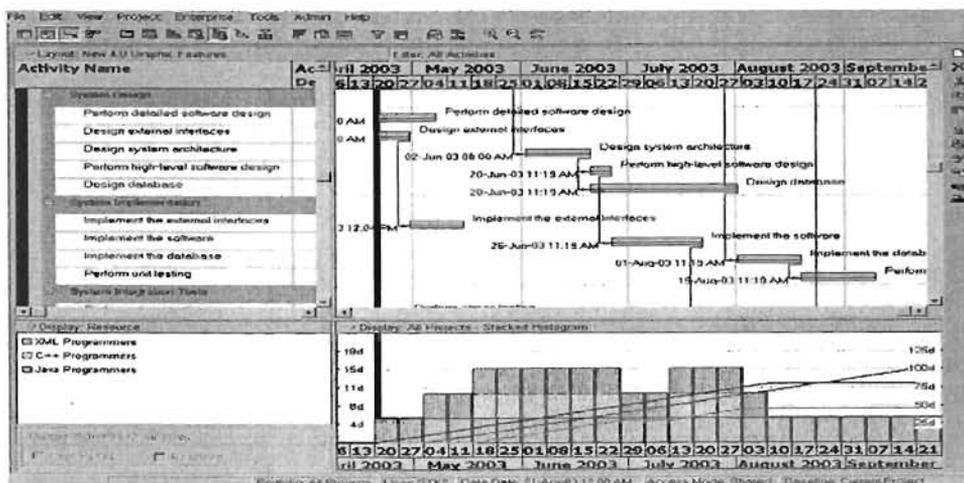


Figura (18).- Primavera

15.14.3 CONTROL DE COSTOS

Una vez que se tienen el presupuesto de control y el programa de egresos, se procede a la implementación de un sistema de control de costos. En un sistema de control de costos, lo que busca es contar con una herramienta de planeación y control de todos los costos del proyecto (directos, indirectos, oficina matriz, sitio, contingencia, gastos y productos financieros) que sirva para valorar el estatus del proyecto, identificar los costos actuales, manejar el presupuesto de control y los cambios de alcance con el objeto de proporcionar todas las herramientas necesarias para realizar y obtener un pronóstico de terminación de los costos del proyecto en función a las categorías de costos de mano de obra, materiales, equipos y subcontratos.

El sistema de control de costos es un proceso iterativo en el tiempo, en el que se revisan que los costos reales se encuentren dentro de los parámetros establecidos en el proyecto y en pronosticar cuál será el panorama a la terminación del proyecto con la información histórica recaudada. Generalmente se acostumbra que ambos reportes, el histórico y el pronóstico estén ordenados por W.B.S, ver la figura (20).

Como nota hay que mencionar que las hojas de tiempo del personal son cargadas en un sistema electrónico, en donde se especifica el proyecto o propuesta a la que se está haciendo el cargo de horas, el área / unidad / cambio del W.B.S. correspondiente al centro de costos, el código de cuentas y el número de horas. (23)

Con este sistema, se puede llevar un control de las horas gastadas en un proyecto.

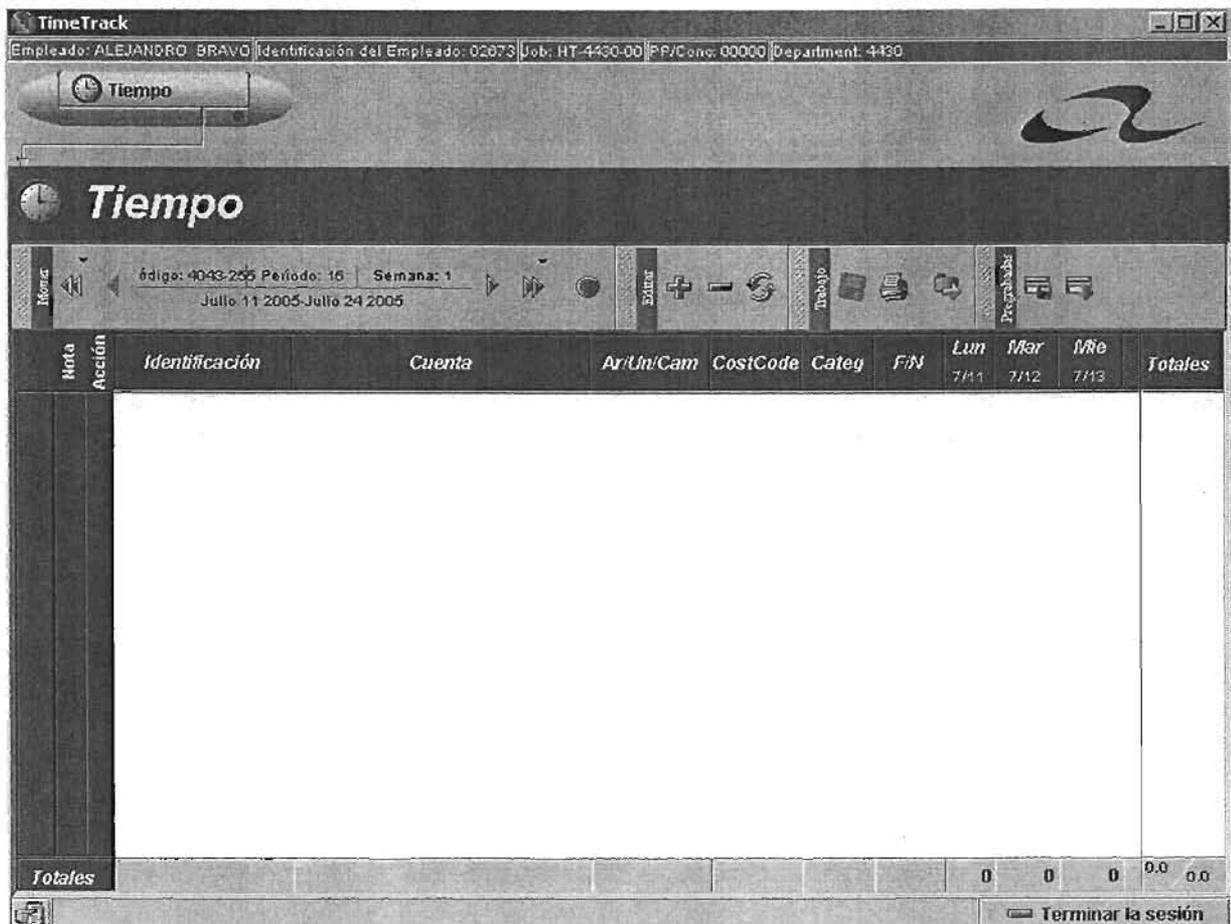


Figura (20).- Time Track.

15.14.4 MAQUETA ELECTRÓNICA (PDS)

Es importantes mencionar que programas como el "PDS" (Plant Desing Sistem) contribuye al buen desarrollo del proyecto ya que el diseño se realiza dentro de la maqueta electrónica.

PDS es una extensa e inteligente aplicación de diseño/ingeniería asistida por computadora para el diseño, construcción y operación de plantas industriales ingeniería, procuración, construcción y diseños/operadores proporcionando el mejor diseño posible y a llevarlo a cabo lo más eficiente para reducir el costo total de instalación del proyecto.

El modelo 3D representa la localización gráfica-electrónica de los elementos diseñados por cada una de las disciplinas en el proyecto. El diseño es desarrollado y verificado usando elementos modelados, ver la figura (21).

Los diferentes elementos modelados son localizados por las disciplinas en sus coordenadas y elevaciones de tal manera que facilitan:

1. La coordinación de interfases entre disciplinas.
2. La detección de interferencias.
3. La revisión del diseño, incluyendo la revisión de espacios para acceso, mantenimiento, seguridad y operación a través de las herramientas de visualización.

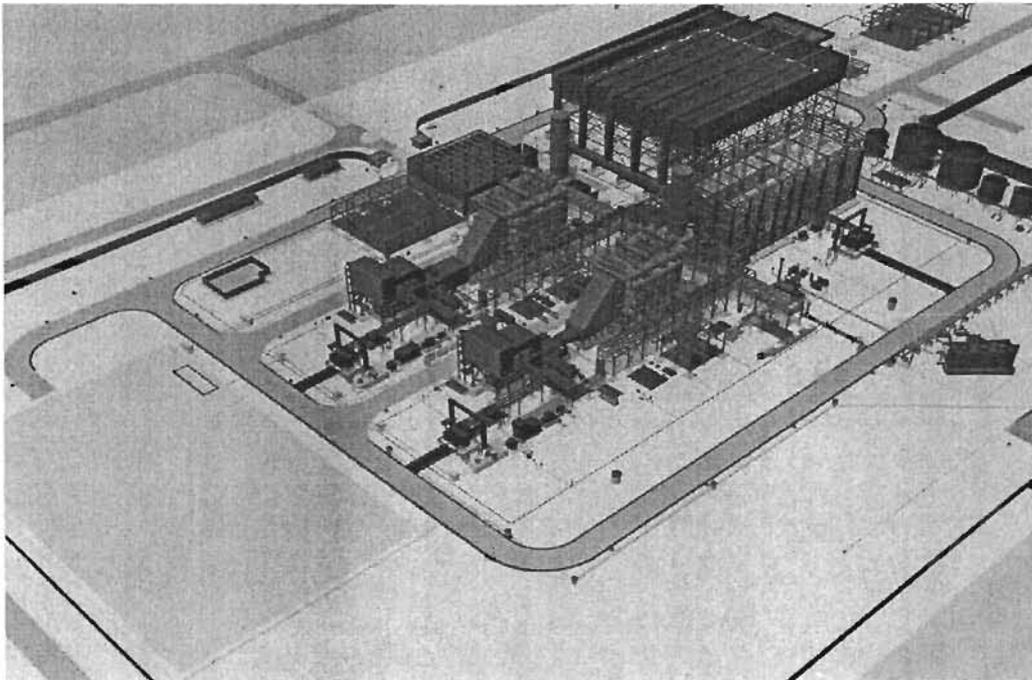


Figura (21).- Maqueta Electrónica (PDS).

La identificación de manera precisa de los requerimientos de material, a través de reportes a partir del acceso a las bases de datos.

El montaje e izaje de equipos, el armado de circuitos de tubería, la construcción de cimentaciones y estructuras, la localización de instrumentos, luminarias, cajas de conexión, etc. durante la etapa de construcción.

Los modelos de detalle seguirán la misma división geográfica que se identifica en el índice de particiones.

Todas las disciplinas deberán seguir la convención de nombres establecida en el presente documento.

Y unas de las grandes ventajas es la extracción de e isométricos y planos, ver la figura (22).

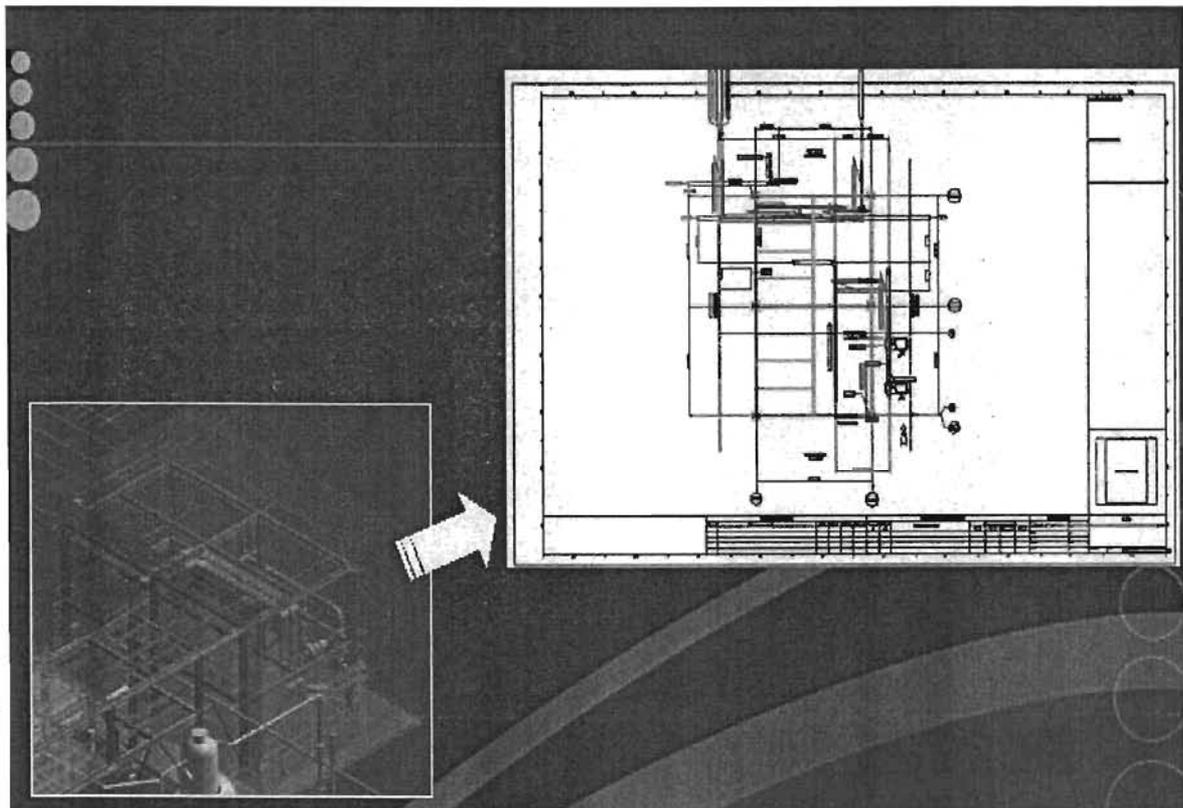


Figura (22).- Extracción de Planos desde PDS.

15.14.5 CONTROL DE MATERIALES (MATERIAL MANAGER)

La principal función del sistema es la de optimizar los materiales comprados por el proyecto para satisfacer en tiempo, calidad y cantidad los requerimientos de material.

Esto implica comparar el material requerido en los documentos de ingeniería (planos, isométricos, típicos, etc.) contra el material comprado además de los inventarios físicos para determinar si hay suficiente cantidad en existencia o si estará disponible cuando se requiera.

El módulo de planeación (material planning) provee a control de materiales, a compras, a control de proyectos y a construcción, de una herramienta de planeación que les permite programar el trabajo por ejecutar, conociendo con anticipación qué alcance de trabajo contará con el material suficiente para completarse y también para identificar aquellos alcances de trabajo en los que existen faltantes de material.

Para poder realizar la optimización de materiales en el proyecto, el módulo de planeación (material planning) integra tres elementos básicos:

- 1.- Requerimientos.
- 2.- Inventario.
- 3.- Programa.

Aunado a estos tres elementos existe una serie de recursos que le permitirán al administrador de materiales del proyecto, poder diferenciar los materiales entre sí bajo diferentes criterios (lugar de instalación, tipo de conexión, tipo de material, secuencia de montaje, lugar de entrega, etc.) y con ello asociarlos a un determinado alcance de trabajo.

Entre estos recursos podemos citar:

- a) Estructura desglosada de trabajo (WBS).
- b) Destinos.
- c) Clases y secuencias de fabricación.

Esta información se encuentra asociada a los materiales cuantificados por ingeniería en forma de listas de materiales depositadas en el sistema una vez que la volumetría se encuentra aprobada para construcción.

Los reportes le permitirán al administrador de materiales, retroalimentar al personal de expeditación para que ejecute un seguimiento mas efectivo encaminando sus esfuerzos en dar seguimiento a partidas con mayor prioridad o bien que afectan un mayor número de listas de materiales. La información también le permitirá al administrador de materiales determinar si es necesario buscar fuentes alternas de suministro cuando exista una fuerte afectación al programa o bien para reprogramar las actividades de construcción, ver la figura (23).

En el caso de materiales faltantes, las acciones a seguir estarán encaminadas a determinar si se debe a que existen requisiciones de material que no ha sido comprado o bien determinar si aun no se ha emitido por parte de Ingeniería la requisición de suficiente material para cubrir las cantidades requeridas en planos e isométricos.

Al personal de almacén los reportes le facilitarán la tarea de saber que materiales se encuentran en existencia para procesar vales de salida de los cuales se tiene la certeza de que el material existe.

El personal de construcción se abocará al material que se encuentra disponible (in stock) para disponer de él en función de los trabajos por ejecutar y tomando en consideración lo que ya ha sido retirado (issued). Para completar los trabajos con pendientes tendrá en consideración las fechas pronóstico de llegada) de los materiales faltantes.

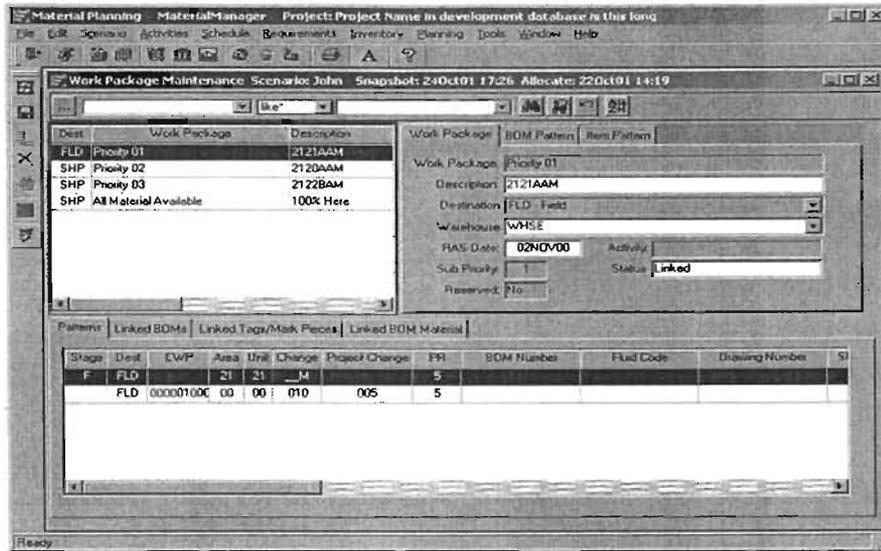


Figura (23).- Administración de los materiales.

Diagrama de flujo el cual comprende el proceso de materiales, ver la figura (24).

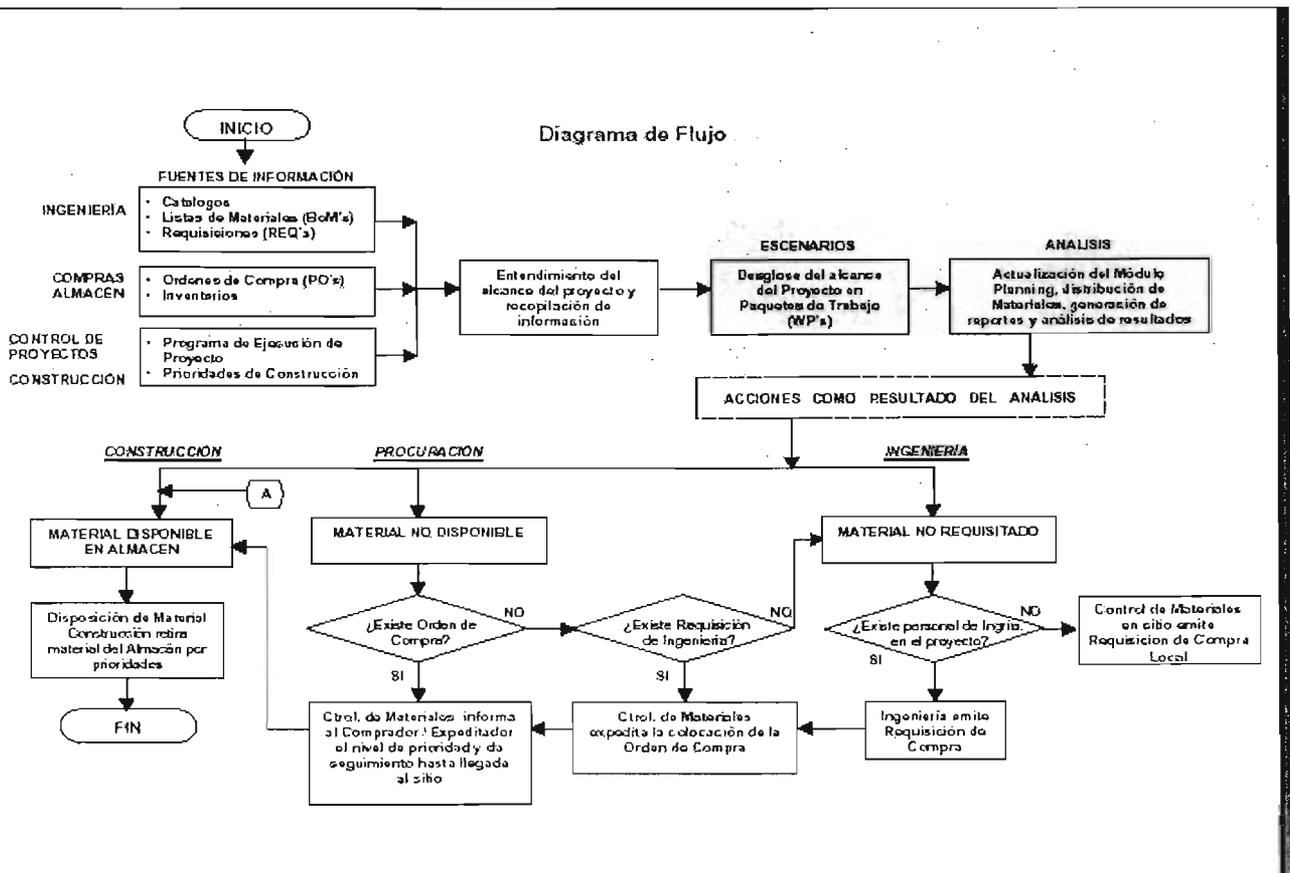


Figura (24).- Diagrama de flujo de los materiales.

15.14.6 HACIA DONDE SE DIRIGEN LAS HERRAMIENTAS.

En la actualidad el flujo de información es un dolor de cabeza para los proyectos, debido a que cada herramienta de las diferentes disciplinas trabaja en un formato especial, por lo que en el momento que otra disciplina requiere dicha información se requiere transcribir tal información para que el nuevo formato lo pueda utilizar en la herramienta.

Por lo que la tendencia de las nuevas herramientas es la interacción transparente de la información tomándola desde la fuente que lo genera minimizando tiempo y esfuerzo así como fallas de cualquier índole.

También es muy importante mencionar que los nuevos proyectos demandan información integrada y relacionada tal es el caso del llamado MEBI (Modelo Bidimensional Inteligente) y el METI (Modelo Tridimensional Inteligente).

Así pues la propia demanda del mercado nos lleva a ser más competitivos y de dominar herramientas electrónicas que ayudan a ello, ver la figura (25).⁽¹¹⁾

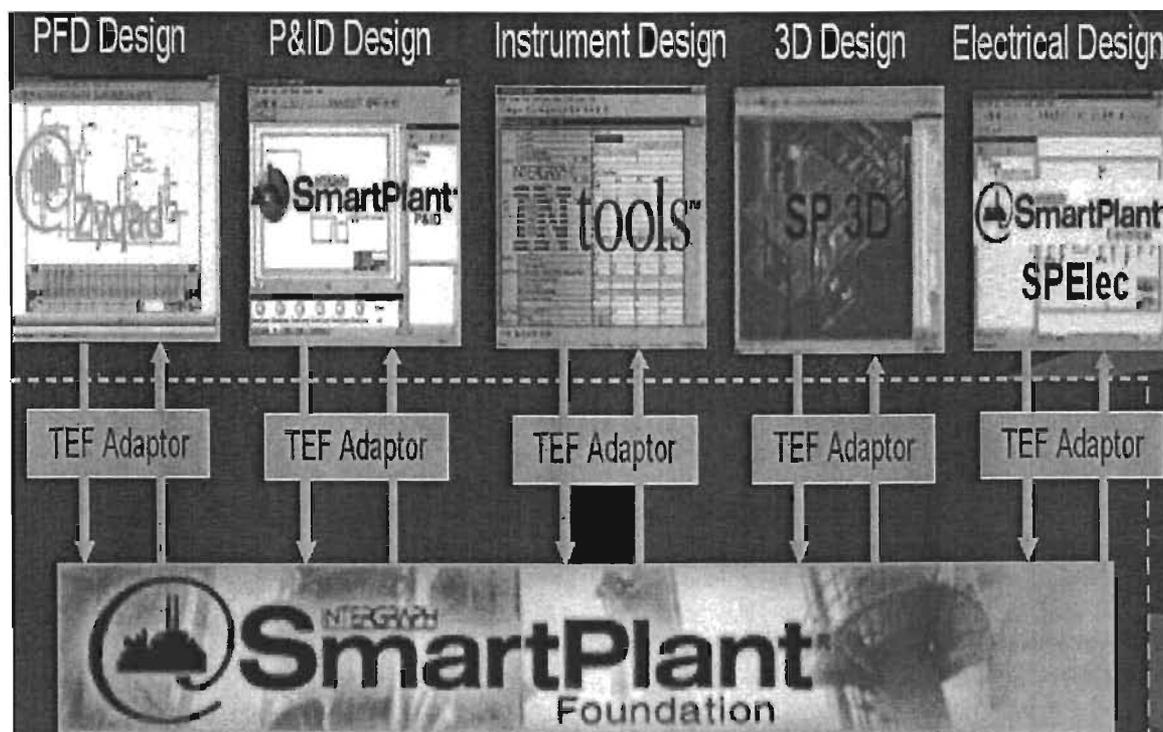


Figura (25).- Herramientas multidisciplinarias.

15.15 INTERFASES CON OTRAS DISCIPLINAS

En proyectos IPC una parte esencial son las interfases, por lo que es importante tener claro el alcance entre las disciplinas. (14)

15.15.1 DISCIPLINA CIVIL

CIVIL-ELÉCTRICO

- Sistemas enterrados y canalizaciones eléctricas.
- Cimentaciones de equipo eléctrico mayor.
- Soportes de charolas y conduits.
- Dimensiones y pesos de transformadores, tableros y equipos eléctricos diversos.
- Subestaciones y cuartos eléctricos.

CIVIL-TUBERÍAS

- Plot plan.
- Cimentaciones.
- Sistemas enterrados.
- Ruteo de tuberías.
- Análisis de esfuerzos y requerimientos de soporte.
- Red contra incendio y casa de válvulas.
- Localización y cargas de soportes secundarios.
- Especificaciones de pintura.

CIVIL-ARQUITECTURA

- Arreglo de sitio.
- Dimensiones preliminares de estructura.
- Ubicación tentativa de las líneas de drenajes y registros.
- Ubicación del rack.
- Planos de acabados.
- Geometría de edificios.

CIVIL-PROCESO

- Hoja de datos de fosas.
- Plantas de tratamiento de agua.
- Recubrimientos especiales.

CIVIL-MECÁNICO

- Dimensiones de pesos y cargas de operación.
- Localización y dimensionamiento de anclas.
- Localización y pesos de equipos HVAC, localización de huecos.

CIVIL-PROCURACIÓN

- Paquetes técnicos para sub-contratos.
- Tablas técnicas comparativas.

CIVIL-CONSTRUCCIÓN

- Constructibilidad.
- Apoyo al sitio.
- As Built.

15.15.2 DISCIPLINA ARQUITECTURA

ARQUITECTURA- CIVIL

- Arreglo de sitio.
- Dimensiones preliminares de estructura.
- Ubicación tentativa de las líneas de drenajes y registros.
- Ubicación del rack.
- Planos de acabados.
- Geometría de edificios.

ARQUITECTURA- ELÉCTRICO

- Arreglo de cuartos eléctricos.
- Alumbrado de edificios.
- Piso falso en cuarto de control y plafones de edificio.
- Ubicación de contactos en edificios.
- Coordinación en salidas en el sistema de voz y datos.

ARQUITECTURA- MECÁNICO

- Dimensión tentativa de los equipos que requieran ser ubicados dentro del edificio o requieran cobertizo y su área de mantenimiento.
- Tipo de equipo de HVAC y dimensiones aproximadas.
- Ruta y dimensión máxima aproximada de ductos de HVAC.
- Requerimientos de rejillas.

ARQUITECTURA- TUBERIAS

- Plot plant.
- Ruta de tuberías en edificios.
- Espacios requeridos para la penetración de las tuberías al edificio.

ARQUITECTURA- SISTEMAS DE CONTROL

- Dimensión y arreglo de equipo en edificios.
- Requerimientos en cuarto de control.
- Requerimientos para la ubicación de cámaras.

- Requerimientos especiales en puertas con control de acceso.

ARQUITECTURA- PROCESO

- Definición del tipo de sistema contra incendio a utilizar.
- Requerimientos de ubicación de extintores y/o mangueras.
- Requerimientos para la colocación de detectores de humo.

ARQUITECTURA- PROCURACIÓN.

- Requisiciones.
- Subcontratos.

ARQUITECTURA- CONSTRUCCIÓN

- Apoyo a construcción durante la realización de la obra.

15.15.3 DISCIPLINA MECANICO

MECÁNICO- PROCESO

- P&ID's.
- Filosofía de operación y control.
- Lista de equipos.
- Hoja de datos.
- Especificaciones de equipos especiales, o paquetes.
- Definición de equipos paquetes especiales.

MECÁNICO- ELÉCTRICO

- Hoja de datos de motores.
- Lista de cargas.
- Revisión de planos de proveedor.
- Revisión de dibujos de recipientes.
- Lista de requerimientos eléctricos para equipo mecánico.
- Revisión de equipos paquetes.
- Requerimientos específicos para: subestaciones, cuartos eléctricos y cuartos de baterías.
- Clasificación de áreas.
- Protección catódica

MECÁNICO- TUBERÍAS

- Localización de equipos en plot plan.
- Hojas de datos.
- Plano de equipo estático.
- Arreglos de equipo: HVAC y manejo de sólidos.
- Especificaciones de materiales tuberías.
- Documentos y planos de proveedor.
- Arreglo de ductos y trayectorias para sistemas de HVAC.

- Localización y orientación de boquillas.
- Espacio para acceso y mantenimiento.

MECÁNICO- CIVIL/ESTRUCTURAL

- Dimensionamiento de equipo.
- Peso de equipos.
- Localización de anclas.
- Documentos de proveedores.
- Arreglo de edificios.
- Planos y documentación de acabados.
- Cargas de operación
- Localización y pesos de equipos HVAC, localización de huecos.

MECÁNICO- ARQUITECTURA

- Dimensión tentativa de los equipos que requieran ser ubicados dentro del edificio o requieran cobertizo y su área de mantenimiento.
- Tipo de equipo de HVAC y dimensiones aproximadas.
- Ruta y dimensión máxima aproximada de ductos de HVAC.
- Requerimientos de rejillas.

MECÁNICO- SISTEMAS DE CONTROL

- Instrumentos de nivel y de presión.
- Termopozos.
- Válvulas y dispositivos de alivio y seguridad.
- Sistema de monitoreo del equipo.
- Métodos de operación (Control remoto, control local, supervisorio).
- Requerimientos de HVAC.
- Instrumentos para protección/seguridad.

MECÁNICO- PROCURACIÓN

- Apoyo técnico en solicitud de cotización y evaluación técnica.
- Apoyo de inspección de equipo.
- Evaluación de reportes de prueba.

15.15.4 DISCIPLINA ELECTRICO

ELÉCTRICO- PROCESO

- P&ID's.
- Planos de clasificación de áreas
- Sistemas de trazas eléctricas.
- Filosofía de operación y control.
- Lista de equipos.

ELÉCTRICO- MECÁNICO

- Hoja de datos de motores
- Lista de cargas.
- Revisión de planos de proveedor.
- Revisión de dibujos de recipientes.
- Requerimientos eléctricos para equipo mecánico.
- Revisión de equipos paquete.
- Requerimiento de HVAC.
- Clasificación de áreas.

ELÉCTRICO- TUBERÍAS

- Localización de subestaciones en plot plan.
- Clasificación de áreas.
- Coordinación de espacios en el rack de tuberías.
- Coordinación de sistemas enterrados.
- Coordinación de áreas de acceso y mantenimiento a equipo eléctrico.

ELÉCTRICO- CIVIL/ESTRUCTURAL

- Cimentaciones de equipo eléctrico mayor.
- Soportes de canalizaciones.
- Soportes eléctricos misceláneos.
- Coordinación de sistemas eléctricos enterrados.
- Subestaciones.
- Dimensiones y pesos de transformadores y equipo eléctrico diverso.

ELÉCTRICO- SISTEMAS DE CONTROL

- Coordinación de canalizaciones.
- Suministro de energía de instrumentos.
- Interrelación con materiales.
- Coordinación de sistemas enterrados.
- Monitoreo de señales eléctricas.
- Requerimiento de energía ininterrumpible (UPS).

- Requerimiento de tierras electrónicas.
- Coordinación en el control de arranque y paro de equipo eléctrico.

ELÉCTRICO- ARQUITECTURA

- Arreglos de cuartos eléctricos.
- Alumbrado de edificios.
- Piso falso en cuarto de control y plafones en edificios.
- Ubicación de contactos en edificios.

ELÉCTRICO- PROCURACIÓN

- Lista de proveedores recomendados.
- Apoyo técnico en las actividades de procuración.
- Inspección de equipo.

15.15.5 DISCIPLINA TUBERIAS

TUBERÍAS- PROCESO

- Diagrama de tubería e instrumentación.
- Diagrama de servicios.
- Lista de líneas.
- Especificaciones de materiales de tuberías.

TUBERÍAS- MECÁNICO

- Plot Plan.
- Hojas de datos de equipo.
- Dibujos de proveedor.
- Lista de equipo.
- Especificaciones de materiales de tubería.
- Espacio para acceso y mantenimiento.

TUBERÍAS- ELÉCTRICO

- Ubicación de subestaciones.
- Plot plan.
- Arreglos de sistemas enterrados / aéreos.
- Coordinación de espacios en el rack de tuberías.
- Clasificación de áreas peligrosas.

TUBERÍAS- CIVIL/ESTRUCTURAL

- Plot plan.
- Cimentaciones.
- Ruteo de tuberías.
- Estructura de acero / concreto.
- Soportería.
- Calculo de esfuerzos.

- Arreglo de sistemas enterrados / aéreos.
- Especificaciones de pintura.

TUBERÍAS- ARQUITECTURA

- Arreglo general.
- Espacios requeridos para la penetración de las tuberías al edificio.
- Ruta de tuberías en edificios.

TUBERÍAS- SISTEMAS DE CONTROL

- Especificaciones de materiales de tubería e instrumentos.
- Diagrama de tuberías e instrumentación.
- Índice de instrumentos y tipos de instalación.
- Hojas de datos de instrumentos en línea.
- Dibujos de Proveedor.

TUBERÍAS- PROCURACIÓN

- Especificaciones de materiales de tuberías.
- Lista de accesorios especiales.
- Ordenes de compra.
- Evaluaciones técnicas.
- Inspección.

15.15.6 DISCIPLINA SISTEMAS DE CONTROL

SISTEMAS DE CONTROL- PROCESO

- Desarrollo y revisión de diagramas de tubería e instrumentación.
- Establecer la filosofía de control.
- Filosofía de paros de emergencia / seguridad.
- Hoja de datos de proceso e instrumentos.
- Gráficos dinámicos de proceso
- Análisis de riesgo
- Sistema de protección contra incendio

SISTEMAS DE CONTROL- MECÁNICO

- Instrumentos de nivel y de presión.
- Termopozos.
- Válvulas y dispositivos de alivio y seguridad.
- Sistema de monitoreo del equipo.
- Métodos de operación (control remoto, control local, supervisorio).
- Requerimientos de HVAC.
- Instrumentos para protección / seguridad.

SISTEMAS DE CONTROL- TUBERÍAS

- Especificaciones de materiales de tubería e instrumentos.
- Diagrama de tuberías e instrumentación.
- Índice de instrumentos y típicos de instalación.
- Hojas de datos de instrumentos en línea.
- Dibujos de proveedor.

SISTEMAS DE CONTROL- ELÉCTRICO

- Coordinación de canalizaciones.
- Suministro de energía de instrumentos.
- Interrelación con materiales.
- Coordinación de sistemas enterrados.
- Monitoreo de señales eléctricas.
- Requerimiento de energía ininterrumpible (UPS).
- Requerimiento de tierras electrónicas.
- Coordinación en el control de arranque y paro de equipo eléctrico.

SISTEMAS DE CONTROL- ARQUITECTURA

- Dimensión y arreglo de equipo en edificios.
- Requerimientos en cuarto de control.
- Requerimientos para la ubicación de cámaras.
- Requerimientos especiales en puertas con control de acceso.

Es importante mencionar que uno de los grandes problemas que acarrea las interfases, es el hecho de la entrega en diferentes formatos los cuales representa un retrabajo considerable, debido a que en muchas ocasiones la disciplina generadora de la información lo entrega en un formato diferente al cual lo utilizara la disciplina receptora.

Por esta razón la tendencia tecnológica de información va enfocada a la estandarización de los formatos, para reducir retrabajos, minimizar tiempos y anular fallas entre las interfases.

15.16 APORTACIÓN PERSONAL DE ELEMENTOS CLAVES EN PROYECTOS

A continuación se describen elementos claves, para que el proyecto sea exitoso, obtenidos por experiencia.

A) Un fuerte compromiso de todos los que realizan el trabajo compartido:

- Gerencia del proyecto.
- Líderes técnicos.
- El cliente.
- Todo el equipo, enfocado hacia los mismos objetivos.

B) El alcance del trabajo debe estar bien definido.

C) Definir la división del trabajo adecuada considerando su capacidad (WBS).

D) Asignar al proyecto líderes flexibles, innovadores y culturalmente abiertos.

E) Promover la comunicación, comunicación y comunicación.

F) Aplicar listas de verificación del trabajo compartido, que describa las áreas críticas que debe atenderse.

G) Desarrollar las capacidades técnicas de diseño.

H) Fomentar la productividad del diseño.

- Revisar los niveles del equipo para verificar que los recursos sean adecuados.

I) Superar las diferencias de lenguaje y cultura.

- Confirmar que existe un lenguaje común entre el personal clave y oficinas de apoyo.

J) Aprovechar la diferencia de horarios locales.

- Corroborar que entre oficinas se ajuste el horario, para mantener interfases.

K) Pensar dos veces al viajar (si se requiere o no).

L) Considerar la colaboración por vía remota con su equipo de proyecto.

M) Incrementar el valor del proyecto.

- Realizando una alineación durante la fase de propuesta.
- Compartiendo toda la información del proyecto.
- Definiendo claramente todos los estándares y requerimientos del cliente.
- Estableciendo un acuerdo claro de entregables.
- Estableciendo un control de proyectos sólido.
- Implantando un plan de calidad.
- Estableciendo un proceso de administración de cambios basado en el alcance de las instalaciones y servicios.
- Promover la comunicación, no asumir y actuar con participación activa.

16 COMPROBACION DE LA HIPOTESIS

En el caso de estudio, se utilizó esta metodología en etapa temprana en un proyecto IPC de generación de electricidad, permitió establecer los elementos necesarios en forma detallada, desde el inicio.

Como consecuencia de esto el proyecto se hizo eficiente, así como el proceso de trabajo, se optimizaron costos, se evitaron retrabajos y retrasos en los tiempos de entrega. Por lo que la planta se entregó con un mes de anticipación a la fecha. Es importante mencionar que todo esto no fue posible aplicando la metodología y generando un compromiso total del equipo de trabajo, se mantuvo un nivel de comunicación exhaustivo entre el grupo y el liderazgo tomado por el gerente del proyecto.

Comprobando con esto que la hipótesis planteada,

Se demostró la hipótesis y que también es aplicable a proyectos similares, teniendo una tecnología equivalente implantada, también los principios básicos se pueden aplicar a cualquier proyecto.

17 MI PARTICIPACIÓN EN ESTE PROYECTO

Mi participación en este proyecto fue en el diseño y conceptualización de la ingeniería eléctrica, y siendo este un proyecto de generación de energía, la disciplina eléctrica participa prácticamente en todas las áreas del proyecto.

Mi función dentro de la empresa donde laboro fue personalizar las herramientas de trabajo del departamento eléctrico con el fin de fijar los lineamientos solicitados por el cliente, así como la configuración de herramientas de diseño y dibujo como son herramientas de cálculo, dimensionamiento, las plataformas CAD y el PDS eléctrico.

Para realizar dichas funciones domine a fondo los requerimientos que solicita el cliente, así como interactué en forma activa para circular la información, tanto interna como externa.

Adquirí conocimiento profundo de todas y cada una de las interfaces con las que interactué el departamento eléctrico, teniendo conocimiento de las actividades y el programa de dichas interfaces.

Participo en juntas de alineación así como en juntas de seguimiento hasta la entrega al cliente de varios sistemas completos.

18 RESULTADOS

El proyecto tomado como caso de estudio en el presente trabajo se llevó a cabo entre 2002 – 2005.

La planta de generación de energía tiene una capacidad total de 498 MW netos en las condiciones de diseño de verano. El proyecto considera las siguientes fases:

- Ingeniería básica y de detalle
- Procuración
- Construcción
- Pruebas
- Arranque
- Puesta en servicio

El caso de estudio que se desarrollo es real y se aplico la metodología definida en esta tesis, sin embargo el manual de procedimientos completa el alcance detallado del proyecto por esa razón se incluye.

Las Listas de verificación sirvieron para asegurar que todos y cada uno de los conceptos se desarrollaran en la ejecución del proyecto.

En este caso fue un reto completar el proyecto IPCC (ingeniería, procuración, construcción y comisionamiento), en las condiciones contratadas debido a que en proyectos anteriores realizados por la compañía del mismo tipo se tuvieron experiencias fallidas, sobre todo en el arranque y la puesta en servicio de la planta, aunado a esto, se contaban con tiempos muy cortos para la ejecución del proyecto haciendo así la presión mayor para lograr los resultados.

Con la experiencias vividas y los conocimientos ya obtenidos se decidió anticiparse a sucesos no deseables, con nuevos procesos, listas de verificación, procedimientos y un estricto control que aseguraron el inicio exitoso del proyecto, dándole un seguimiento implacable a cada una de sus etapas.

Con las herramientas (primavera project planner, Ez trac, control de costos), se logró la administración de recursos, la coordinación y el seguimiento a cada una de las actividades del proyecto, reduciendo costos y limitando riesgos.

Con Herramientas de Ingeniería (PDS y material manager) se redujeron tiempos en el diseño, en la extracción de planos, así como identificación oportuna de interferencias. Teniendo compras oportunas de materiales y llevando un control de almacén, evitando con esto las compras de emergencia en sitio, que generan sobrecostos elevados.

El proyecto fue concluido mejorando los resultados presupuestados y rebasando las expectativas del cliente demostrando con esto que, si se tienen bases sólidas, un programa y un control detallados desde el inicio del proyecto, seguramente nuestro proyecto culminará con éxito.

19 CONCLUSIONES

Para todo tipo de proyectos, sin importar su magnitud, ubicación, si están destinados para el sector público o privado, existen una serie de conocimientos y herramientas (de administración y de ingeniería), que deben de ser aplicados en conjunto para darle una formalidad y efectividad a la administración de proyectos.

La mejor manera de controlar distintos aspectos en los proyectos, es haciéndolo de una forma planeada, ordenada, sistemática y que operen de una manera lógica.

La comunicación eficaz entre los integrantes de un proyecto es prerrequisito para su éxito. En ocasiones para lograrlo, hay que rebasar barreras culturales y de idiomas.

Todos los elementos se encuentran relacionados entre sí, es decir, no operan de forma aislada. No se puede hablar de un programa de ejecución que ignore el W.B.S., o de un control de costos de no incorpore un estimado, de un proceso de administración de cambios que no tome en consideración los impactos en programa y en costos. Todo se encuentra interrelacionado.

Los Proyectos (IPCC) ingeniería, procuración, construcción y comisionamiento ofrecen la ventajas de un menor tiempo de ejecución, interacción intensa entre cada una de las disciplinas que intervienen y generan mayor competitividad en cuanto a costos.

Todo proyecto tiene áreas de oportunidad que debemos identificar para poder aprovecharlas y, también hay que estar preparado para afrontar los riesgos con impactos negativos.

El método de implantar en etapa temprana todo los sistemas requieren de un esfuerzo enorme (de planeación, orden, compromiso y capacitación, tanto de los contratistas como de los tecnólogos, clientes y proveedores).

El seguimiento estricto para que los procedimientos y sistemas se cumplieran apoyados y sustentados con las herramientas de tecnología avanzada, hicieron posible que el proyecto se entregara un mes antes del plazo contratado para la operación comercial y se logrará la utilidad presupuestada siendo un proyecto a precio alzado de alto riesgo.

Las garantías se cumplieron al 100% y se logro negociar ordenes de cambio del 2% del valor del contrato, basados en una definición de alcance muy precisa.

Cabe mencionar que hubo un sobre costo del 8% que se compensó con la contingencia incluida en el costo del proyecto.

La hipótesis de esta tesis menciona que utilizar una metodología para establecer en etapa temprana del proyecto, los elementos necesarios en forma detallada y completa para el desarrollo de la ingeniería, procuración y construcción de una planta de generación de energía eléctrica, contribuye importantemente a eficientar el proceso, reduciendo retrabajos, retrasos, optimizando el costo del proyecto y efectivamente aporta las bases que eficientan el trabajo, comprobándolo en un proyecto exitoso.

Con los resultados alcanzados, podemos decir que al aplicar los métodos, sistemas y herramientas adecuados a tiempo y debidamente, se tendrá un mejor oportunidad para la planeación, y ejecución de proyectos en nuestro país, en el que para proyectos de infraestructura requieren cada día de mayor calidad y estándares de clase mundial, debido a la fuerte competencia que existe en el sector de la construcción, nacional e internacional.