

**PROPUESTA DE UNA RECOMENDACIÓN PARA LA DOCUMENTACIÓN Y
EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA EN AUTOMATIZACIÓN A NIVEL
DE CAMPO BASADO EN ESTÁNDARES DE LA ISA**



**JAIRO ANDRÉS GALINDO CABRERA
JORGE ENRIQUE CERÓN BETANCOURT**

Director

Mag. JUÁN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2010**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CAPÍTULO I: FASES DE LA DOCUMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN A NIVEL DE PLANTA	4
1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO	4
1.1.1 Proyectos de Automatización	6
1.2 INGENIERÍA DE PRODUCTO Y PROCESO	6
1.3 NORMA ISA 88	11
1.4 NORMA ISA 95	15
1.5 ESTRUCTURA DEL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA A NIVEL DE PLANTA	15
1.6 METODOLOGÍA APLICADA EN EL DESARROLLO DE LAS RECOMENDACIONES TÉCNICAS	19
1.7 NORMAS ÚTILES EN EL PROCESO DE DOCUMENTACIÓN	21
BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO I	27
CAPÍTULO 2: RECOMENDACIONES TÉCNICAS : INGENIERÍA CONCEPTUAL	29
2.1 RECOPIACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	30
2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	31
2.3 PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN (ANTEPROYECTO)	31
2.4 DOCUMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	32
2.5 FILOSOFÍA DE CONTROL	33
2.5.1 Modelo de operaciones	34
2.5.2 Lista de Instrumentos	35
2.5.3 Lista de señales y análisis de disturbios	35
2.5.4 Sistemas instrumentados de seguridad SIS	36
2.6 SISTEMA ELÉCTRICO	37
2.7 OBRAS CIVILES Y DOCUMENTOS DE CONSTRUCCIÓN	38
2.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	39
2.9 FORMATOS DE INGENIERÍA CONCEPTUAL	40
2.10 RESUMEN CAPÍTULO 2	47
BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 2	48
CAPÍTULO 3: RECOMENDACIONES TÉCNICAS: INGENIERÍA BÁSICA	50
3.1 REALIZAR LOS CÁLCULOS PRELIMINARES DE CADA SISTEMA	51
3.2 DIMENSIONAR LOS EQUIPOS A UTILIZAR EN EL PROYECTO	51
3.3 SELECCIONAR EL HARDWARE Y EL SOFTWARE QUE HARÁ PARTE DEL PROYECTO	52
3.4 REALIZAR LA LISTA DEFINITIVA DE EQUIPOS	52

3.5	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE CONTROL	54
3.6	ELABORAR DIAGRAMAS LÓGICOS	54
3.7	ELABORAR DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO PFD (<i>PROCESS FLOW DIAGRAMS</i>)	54
3.8	ELABORAR PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	55
3.9	REALIZAR EL ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES	55
3.10	REALIZAR EL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	55
3.11	ELABORAR LOS DIAGRAMAS P&ID (<i>PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM</i>)	56
3.12	REVISIÓN DE PLANOS DE EQUIPOS	56
3.13	DISEÑO DE PROTOCOLO DE PRUEBAS	56
3.14	DISEÑAR EL MANUAL DE OPERACIONES PRELIMINAR DEL PROCESO	57
3.15	FORMATOS INGENIERÍA BÁSICA	57
3.16	RESUMEN CAPÍTULO 3	61
	BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 3	62
	CAPÍTULO 4: RECOMENDACIONES TÉCNICAS: INGENIERÍA DETALLADA	63
4.1	REVISAR LA INGENIERÍA BÁSICA	63
4.2	REALIZAR LOS DETALLES DE INSTALACIÓN (TÍPICOS DE MONTAJE)	64
4.3	DESARROLLO DE DETALLE DE TRABAJOS (LISTADO DE TAREAS)	65
4.4	PROGRAMAR Y PARAMETRIZAR LOS DISPOSITIVOS. (INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL)	66
4.5	DISEÑAR Y CONFIGURAR LOS HMI/SCADA	66
4.6	FORMATOS INGENIERÍA DETALLADA	66
4.7	RESUMEN CAPÍTULO 4	68
	BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 4	69
	CAPÍTULO 5: RECOMENDACIONES TÉCNICAS: EJECUCIÓN DEL PROYECTO	70
5.1	PLAN DE TRABAJO	71
5.2	PLAN DE RECURSOS	71
5.3	PLAN DE CONTROL DE CAMBIOS	72
5.4	PLAN DE SEGUIMIENTO	72
5.5	PLAN DE PRUEBAS	72
5.5.1	Protocolo de pruebas	75
5.5.2	Actividades en las pruebas y mantenimiento	75
5.6	FORMATOS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS	76
5.6	RESUMEN CAPÍTULO 5	81

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 5	82
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES	83
6.1 CONCLUSIONES	83
6.2 RECOMENDACIONES	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipologías de los proyectos. Fuente Adaptado de [2].	5
Figura 1.2 Estructura física según el producto del proyecto que se trate. Fuente [5].	8
Figura 1.3 Modelo Físico ISA 88. Fuente [7].	11
Figura 1.4 Modelo de actividades de control ISA 88. Fuente [7].	12
Figura 1.5 Modelo de control de procedimiento ISA 88. Fuente [7].	12
Figura 1.6 Modelo de Proceso ISA 88. Fuente [7].	13
Figura 1.7 Jerarquía Funcional ISA 95. Fuente [9].	14
Figura 1.8 Mapa conceptual del proceso de creación de las recomendaciones técnicas. Fuente Propia.	19
Figura 2.1 Resumen recomendaciones técnicas ingeniería conceptual	47
Figura 3.1 Ejemplo de una lista de instrumentos Fuente [6].	53
Figura 3.2 Resumen capítulo 3	61
Figura 4.1 Detalle de instalación tipo1 Fuente [3]	64
Figura 4.2 Resumen capítulo 4	68
Figura 5.1 Resumen capítulo 5	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Profesiones técnicas y sus proyectos a fines. Fuente Adaptado de [2].	5
Tabla 1.2: Resumen normas utilizadas en las etapas del proyecto. Fuente propia	24
Tabla 2.1 Contenido del anteproyecto	31
Tabla 2.2 Contenido de la filosofía	33
Tabla 2.3 Contenido de análisis de disturbios	36
Tabla 2.4 Expediente de construcción	38
Tabla 2.5 Proceso de la programación de administración del tiempo del proyecto	39
Tabla 3.1 Actividades de la ingeniería básica	50
Tabla 5.1 Actividades en las pruebas y el mantenimiento	75

LISTA DE FORMATOS

Formato C01: Entrevista con el cliente	41
Formato C02: Recopilación de requerimientos del cliente	42
Formato C03: Recopilación de requerimientos del cliente	43
Formato C04: Recopilación de requerimientos del cliente	44
Formato C05: Lista preliminar de equipos e instrumentos	45
Formato C06: Lista preliminar de señales	46
Formato B01: Dimensionamiento de equipos	58
Formato B02: Dimensionamiento de transmisores	59
Formato B03: Dimensionamiento de PLC	60
Formato D01: Listado de tareas y actividades	67
Formato E01: Plan de trabajo/lista de tareas	77
Formato E02: Plan de trabajo	78
Formato E03: Plan de recursos	79
Formato E04: Plan de pruebas	80

CAPÍTULO 1. FASES DE LA DOCUMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE AUTOMATIZACIÓN A NIVEL DE PLANTA

1.1 DEFINICIÓN DE PROYECTO

El diccionario de la real academia de la lengua española define plan como: *“Modelo sistemático de una actuación pública o privada, que se elabora anticipadamente para dirigirla y encauzarla”*. Así mismo esta institución define proyecto como: *“Conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería.”* Se citan estas definiciones con el fin de indicar que lo buscado con el presente trabajo de grado es dar unas recomendaciones técnicas para la planeación y ejecución de un proyecto, es decir, cómo materializar de una manera técnica y ordenada, la idea del mejoramiento de un proceso a través de la automatización, sin importar que haya sido esta idea plasmada en un plan o simplemente imaginada.

Un proyecto es una organización temporal necesaria para producir un resultado único y predefinido en un tiempo preestablecido usando recursos predeterminados. A menudo es la puesta en práctica del plan estratégico de una organización. Las operaciones y los proyectos se diferencian fácilmente ya que las operaciones son en curso y reiterativas (repetitivas) mientras los proyectos son temporales y únicos. Un proyecto puede ser definido en términos de sus características distintivas esto significa que cada proyecto tiene un principio definido y un final definido [1].

Existen múltiples clasificaciones o tipologías de los proyectos [2], como lo muestra la Figura 1.1, según las ramas del conocimiento que las desarrollan, resulta obvio definir las pues no hay más que observar las atribuciones de cada profesión para determinarlas. La Tabla 1.1 recoge algunas de las profesiones técnicas y las principales tipologías de proyectos que son capaces de llevar a cabo.

Figura 1.1: Tipologías de los proyectos. Fuente Adaptado de [2].

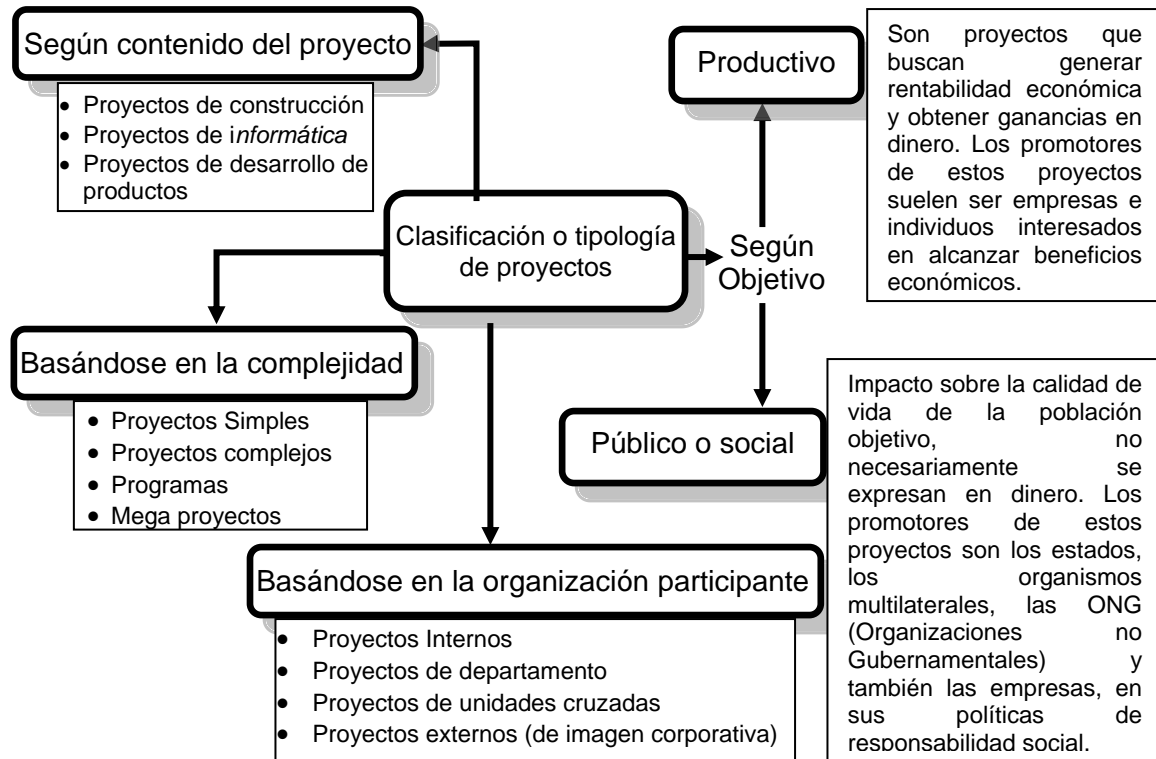


Tabla 1.1 Profesiones técnicas y sus proyectos afines. Fuente Adaptado de [2].

PROFESION	TIPOLOGIA DE PROYECTO
Arquitecto	Edificación y urbanismo
Ingeniero Agrónomo	Explotaciones Agrarias, Ganaderas, Industrias agroalimentarias
Ingeniero de Camino Canales y Puertos	Obras Civiles e Infraestructura
Ingeniero Aeronáutico	Aeropuertos, Aviación
Ingeniero Industrial	Productos industriales, instalaciones industriales y urbanas
Ingeniero Informática en	Equipos y programas Informáticos y (Hardware, Software)
Ingeniero Naval	Embarcaciones
Ingeniero en Telecomunicaciones	Telecomunicaciones y microinformática
Ingeniero Automática en	Automatización de procesos

1.1.1 Proyectos de Automatización

Los proyectos de automatización encajan en los proyectos de informática [3]. Aunque no solo tienen que ver con computadores, por lo general en un proyecto de automatización, estos juegan un papel importante de uno u otro modo. Los proyectos de automatización industrial consisten en dar cierto grado de autonomía a uno o varios procesos, pueden abarcar un ámbito amplio de opciones, desde la ingeniería de planta hasta los procesos administrativos, entre los procesos que pueden ser automatizados se encuentran; mantenimiento, inventario calidad; y diferentes tipos de maquinaria como sopladoras, inyectoras, llenadoras, sistemas de visión artificial; control de iluminación en edificios y residencias, hornos industriales, control y monitoreo a través de software (SCADA) en general el control de producción y equipos en procesos industriales.

1.2 INGENIERÍA DE PRODUCTO Y PROCESO

Para realizar la automatización de un proceso de producción, previamente se debe garantizar que se conocen a fondo todas las operaciones y los equipos relacionados con la fabricación del “*producto*”. El conocimiento que se tenga del mismo, es factor determinante en el éxito del diseño y modelamiento del proceso administrador y controlador [4]. Este conocimiento se adquiere al realizar ingeniería de producto y proceso. Según el fabricante, el producto es un conjunto de elementos físicos y químicos engranados de tal manera que le ofrece al usuario posibilidades de utilización. No se puede despreciar la influencia que ejercen el producto y el proceso en la mente del proyectista.

La ingeniería de producto permite a los desarrolladores del proyecto de automatización generar una idea global de los componentes con los cuales se debe contar para la obtención del producto deseado, basándose en la información generada en el estudio de tiempo de vida del producto, estudios de mercadeo y atributos de ingeniería como: propiedades eléctricas, magnéticas, térmicas, ópticas, químicas, mecánicas etc. Estos atributos dan a los ingenieros unas pautas para la creación del proceso productivo, es decir cómo se deben tratar las materias primas e insumos para lograr el objetivo deseado. Aquí es donde entra la ingeniería de proceso ya que la creación de un producto no solo involucran materias primas e insumos sino también las diferentes

máquinas/herramientas y operaciones que hacen parte del proceso productivo, ya que cada materia prima inmersa en el producto requiere de un tratamiento y por más sencillo que este sea, debe aplicarse unos criterios para obtener el mejor beneficio [4].

El proyecto abarca desde que alguien detecta una necesidad hasta que se llega a definir y construir el producto que la satisface. El camino a recorrer comprende una serie de fases, las que metodológicamente conducen a definir el producto se denominan fases *creativas* y las que establecen como dirigir los trabajos para hacer realidad el producto se denominan fases de *realización*. Las fases creativas pueden a su vez, subdividirse en la mayoría de proyectos en tres clases que, ordenadas temporalmente, pueden denominarse: *estudios previos*, tiene un carácter claramente analítico y representa una primera aproximación al proyecto, comprendiendo estudios de mercadeo y de alternativas e incluyendo un primer esbozo del producto que permite definir la viabilidad de las propuestas [4].

La fase de *diseño básico* conduce a establecer los aspectos (variables y parámetros, en definitiva) fundamentales del producto. De carácter más sintético, exige una importante actividad intelectual de los actores que la desarrollan.

La fase de *diseño detallado* comprende todas las actividades que conducen a definir con total precisión técnica, económica, organizativa, etc. cómo ha de ser el producto. Aunque con actividades de análisis dentro de cada sub problema, esta fase acaba teniendo un carácter global de síntesis, requiriendo la participación de profesionales especialistas en las diferentes tecnologías implicadas en cada sub problema.

En las fases de *realización* se transforma el diseño en producto por lo que las actividades intelectuales proyectuales que se llevan a cabo son de coordinación, planificación y control de la construcción y puesta en marcha del producto. Las fases de realización pueden subdividirse, pues, en fases de: *construcción y puesta en marcha*¹. La fase de *construcción* es la que se encarga de la transformación de lo que se ha

¹ los términos construcción y puesta en marcha deben entenderse en sentido amplio por lo que en un proyecto inmaterial, la construcción y puesta en marcha equivaldrán a los términos implementación y puesta a punto (o puesta en servicio).

definido en los documentos del proyecto en una realidad. La fase de *puesta en marcha* activa y controla las operaciones que permitan que el producto realice las funciones para la que ha sido creado, en muchas ocasiones estas dos fases se agrupan genéricamente bajo la denominación de *dirección de construcción* [5].

La clasificación de las fases difiere en algunos aspectos según la tipología de proyectos que se está completando. Las diferencias más importantes se recogen resumidas en la Figura 1.2, donde la primera columna representa la estructura fásica que se acabó de definir y las otras cuatro son las correspondientes a las tipologías de proyectos.

ESTRUCTURA FÁSICA GENERAL	TIPOLOGÍAS DE PROYECTOS			
	PRODUCTO MATERIAL		PRODUCTO INMATERIAL	
	MÚLTIPLE	ÚNICO	MÚLTIPLE	ÚNICO
ESTUDIOS PREVIOS	ESTUDIOS PREVIOS	ESTUDIOS PREVIOS	ESTUDIO Y DISEÑO BÁSICO	ESTUDIOS PREVIOS
DISEÑO BÁSICO	DISEÑO BÁSICO	ANTE PROYECTO		DISEÑO DE LA
DISEÑO DETALLADO	DISEÑO DETALLADO			
CONSTRUCCIÓN	CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS Y AJUSTES PARA PRODUCCIÓN	CONSTRUCCI	DISEÑO DETALLADO IMPLEMENTACIÓN Y AJUSTES	IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL
PUESTA EN MARCHA		PUESTA EN MARCHA		

Figura 1.2: Estructura fásica según el producto del proyecto que se trate. Fuente [5].

En la Figura 1.2 pueden observarse ciertas diferencias en el número de fases, puesto que, en algunos casos, dos o más se agrupan en una sola.

Los proyectos de productos inmateriales múltiples cuya topología más clara es la de los programas informáticos, tienen una estructura física más simple pues suele ser suficiente establecer una fase de diseño básico y otra de diseño de detalle e implementación. Los proyectos de productos inmateriales únicos (estudios y auditorías fundamentalmente) suelen dividirse en tres fases: estudios previos, diseño de la aplicación (básico + detalle) e implementación (construcción y puesta en marcha).

Los proyectos de productos materiales y múltiples (productos que pueden englobarse bajo la denominación de productos industriales) tienen un conjunto de características comunes que permite definir una metodología global para todos ellos. La mayoría de autores consideran necesarias las fases de estudios previos, diseño básico y diseño detallado quedando las fases de realización menos definidas ya que el producto industrial se reproduce una serie de veces durante periodos de tiempo muy variables [5].

Los proyectos de productos materiales únicos como plantas industriales, carreteras, explotación agrícola etc. tienen una estructura muy similar a la que se ha tomado como genérica. Únicamente, algunos productos no necesitan la fase de puesta en marcha: es el caso de los proyectos de ingeniería civil, por ejemplo (aunque a veces necesitan pruebas de carga antes de la puesta en servicio). Otros proyectos, por su pequeña complejidad, aunque exijan actividades de puesta en marcha, estas tienen tan poca entidad que suelen incluirse en la fase de construcción

Hay que tener en cuenta que en esta metodología suele existir una continuidad desde que se inicia el diseño de detalle hasta que el producto empieza a fabricarse, por lo que no es extraño considerar una única fase en todas las actividades. Por otra parte, el diseño de un producto exige, muchas veces, la realización de otros proyectos de muy diferente dificultad, relacionados con las instalaciones que han de modificarse o implementarse, maquinaria y equipo que se debe adquirir para poder fabricar el producto. Estos otros proyectos pertenecen, normalmente a la tipología de producto único material [6].

Una vez realizada la ingeniería de producto y proceso se puede iniciar con el bosquejo del proceso automatizado o proyecto de automatización (PA). El tipo de realización de proyectos con instalaciones que han de modificarse o implementarse, adquisición de maquinaria o equipo, y configuración, instalación y programación de equipos e instrumentos, son el marco conceptual de los proyectos de ingeniería a nivel de planta. Existe en particular una herramienta que ha definido los modelos para ayudar a especificar los recursos disponibles, las recetas y las fases necesarias para la fabricación de un producto; la norma ISA 88.

1.3 NORMA ISA 88

En el estándar ISA S88 se han definido los modelos para ayudar a especificar los recursos disponibles, las recetas y las fases necesarios para la fabricación de un *producto* en un sistema de producción Batch². Estos modelos corresponden al *Modelo Físico*, el *Modelo de Control de Procedimientos*, el *Modelo de Proceso* y el *Modelo de Actividades de control* [7].

El *Modelo Físico* del estándar ISA S88 define la jerarquía de los equipos usados en el proceso de fabricación Batch, agrupando los recursos de la empresa con referencia a siete niveles, tal como se muestra en la Figura 1.3. Los tres niveles superiores (línea punteada) se encuentran fuera del enfoque del estándar ISA S88 debido a que son los encargados de soportar las decisiones corporativas de la empresa y no se encuentran referidos a los recursos involucrados en el proceso de fabricación del Batch.

² En el estándar ISA S88 se define que un proceso Batch es un sistema que induce la producción de cantidades finitas de material, sometiendo a las cantidades de material de entrada a un conjunto ordenado de actividades de procesamiento sobre un periodo finito de tiempo usando uno o más recursos (ISA, 1995).

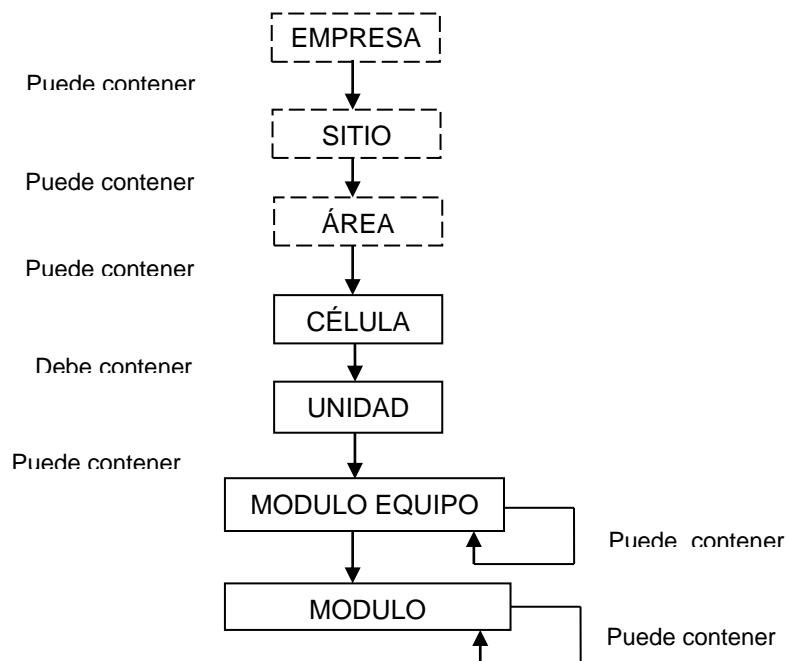


Figura 1.3: Modelo Físico ISA 88. Fuente [7].

El estándar ISA S88 define el *Modelo de Actividades de Control* que permite establecer las acciones para administrar, supervisar y controlar un proceso de producción Batch. El Modelo de Actividades de Control es jerárquico y se encarga de las tareas que debe realizar el sistema Batch, combinándose las actividades que se muestran en la Figura 1.4.

El *Modelo de Control de Procedimiento* del estándar ISA S88, como muestra la Figura 1.5, gestiona las acciones que se deben ejecutar en los equipos a través de secuencias ordenadas, que permitan llevar a cabo una acción orientada al proceso en el objetivo de obtener un producto. Las acciones de control están estructuradas en niveles jerárquicos dependiendo de su complejidad, por tanto este modelo está compuesto de: Procedimientos, Procedimientos de unidad, Operaciones y Fases que pueden estar asociados a una receta o a un equipo.

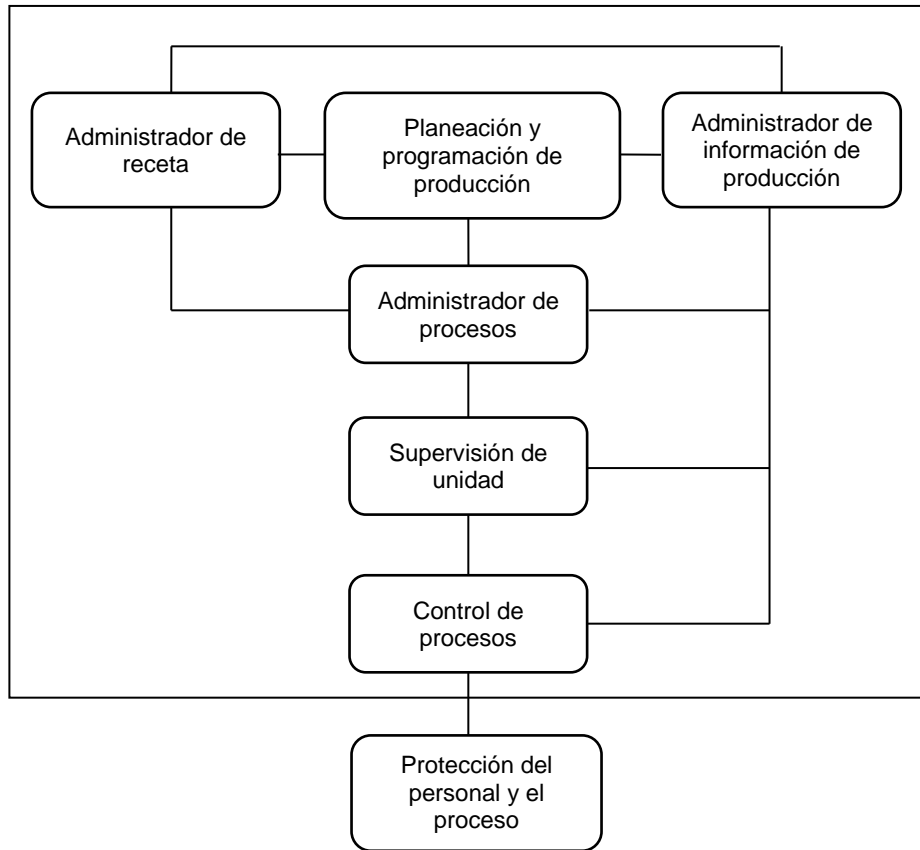


Figura 1.4: Modelo de actividades de control ISA 88. Fuente [7].

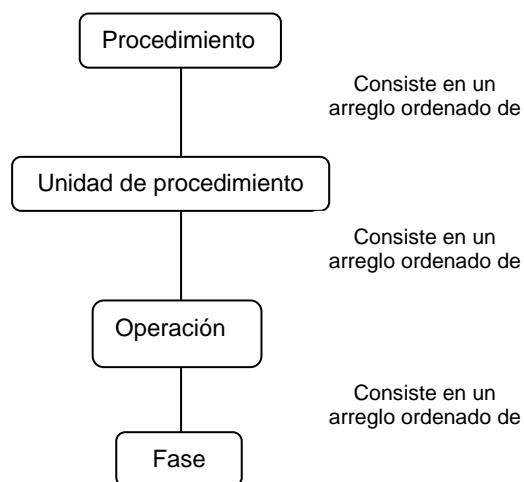


Figura 1.5: Modelo de control de procedimiento ISA 88. Fuente [7].

Mediante el *Modelo de Proceso*, Figura 1.6, el estándar ISA S88 presenta las bases para relacionar los modelos de control de procedimiento y el modelo físico, obteniéndose una jerarquía compuesta por el proceso, etapas de proceso, operaciones de proceso y acciones de proceso.

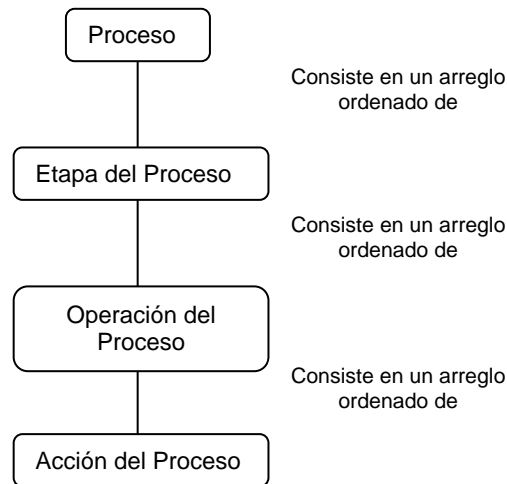


Figura 1.6: Modelo de Proceso ISA 88. Fuente [7].

Los modelos desarrollados en el estándar ISA S88 corresponden a esquemas jerárquicos, los cuales por naturaleza son centralizados. De manera general, estos sistemas presentan buena eficiencia para productos con pocas modificaciones durante su ciclo de vida, pero ofrecen poca flexibilidad y escalabilidad del sistema. Adicionalmente, estas soluciones ofrecen baja adaptabilidad a las situaciones de incertidumbre propias de la producción, siendo difícil adicionar y/o eliminar nuevas tecnologías, productos y/o funciones. Para solucionar estas limitaciones, desde los años ochenta se han adelantado investigaciones en el área de los Sistemas de Control Distribuido con el objetivo de adicionar inteligencia y procesamiento en los componentes del sistema, y de esta manera reducir su complejidad y aumentar su flexibilidad. Estos esfuerzos han permitido posicionar los paradigmas de Sistemas Heterárquicos³ y Sistemas Holónicos⁴ de Manufactura [8], cabe destacar que este tema se nombra a modo de comentario ya que se sale de los alcances de este trabajo de grado.

³ En los sistemas Heterárquicos se prohíbe todo tipo de jerarquía con el objetivo de soportar las decisiones en unidades básicas denominadas "agentes", los cuales trabajan de manera cooperante bajo procedimientos de negociación para obtener una comunidad de agentes denominada Sistemas Multi-Agente (SMA) (Klemm, E and Luder, 2001).

⁴Un sistema de manufactura Holónica (HMS) es una forma de organizar un sistema de manufactura donde los elementos claves como maquinas, centros de trabajo, plantas, partes, productos personas, departamentos o divisiones tienen propiedades autónomas y cooperativas. Estos elementos se denominan Holones (www.engr.uconn.edu).

1.4 NORMA ISA 95

La S95 derivó de la norma S88 para la integración de sistemas de control empresarial, que define una terminología común para la descripción y comprensión de la información sobre fabricación en una empresa. También define el intercambio de información entre las funciones de control de fabricación y otras funciones de la empresa, incluidos los modelos de datos y las funciones de intercambio [8].

Como lo muestra la Figura 1.7, esta norma brinda un modelo jerárquico de programación y control para las empresas industriales que divide las funciones empresariales en cinco niveles. Dentro de cada uno de estos niveles se realizan diferentes tareas y de acuerdo a ellas se toman las correspondientes decisiones. Cada una de estas divisiones o jerarquías corresponde a una parte de la empresa.

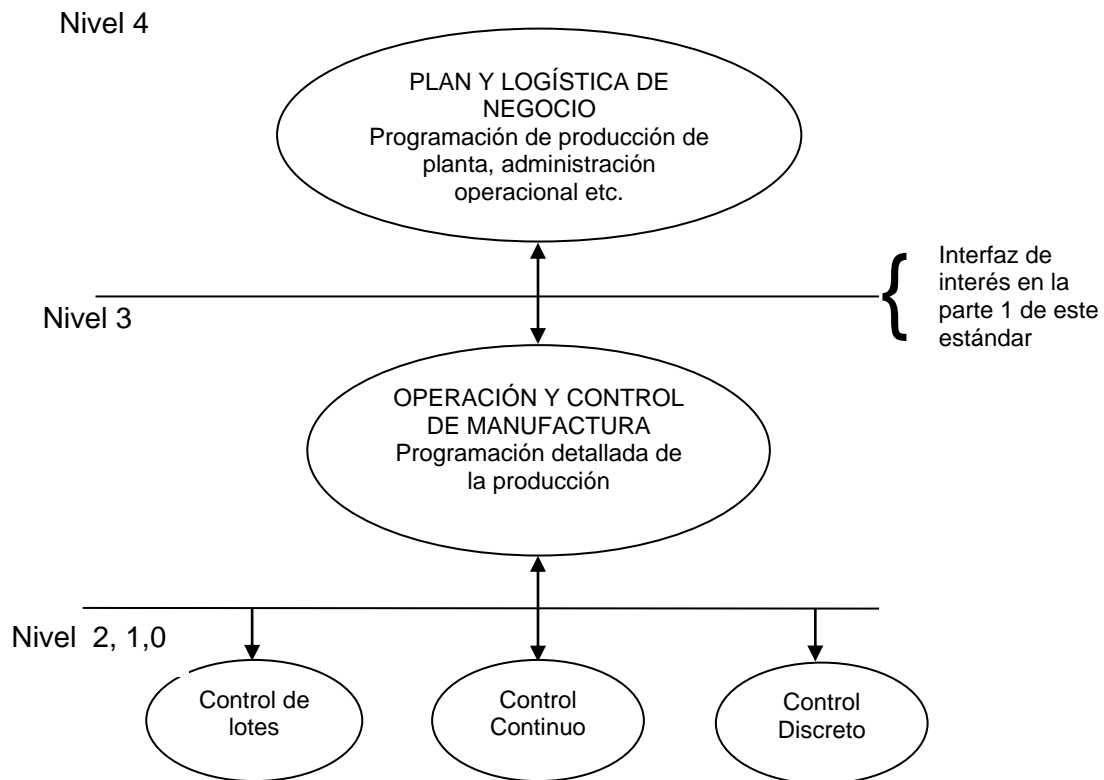


Figura 1.7: Jerarquía Funcional ISA 95. Fuente [9].

1.5 ESTRUCTURA DEL DESARROLLO DE PROYECTOS DE INGENIERÍA A NIVEL DE PLANTA

¿Cómo se debe documentar y ejecutar un proyecto de automatización a nivel de campo con un enfoque industrial? Esta parece ser una pregunta sencilla con una respuesta simple, pero la realidad es otra. Tanto en el entorno académico como industrial existen distintas entidades que se encargan de generar pautas en procura del desarrollo de proyectos, por ejemplo dentro de las más renombradas se encuentra el PMI (*Project Management Institute*) [10]. Este cuenta dentro de sus múltiples documentos con “*la Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*”, siendo este uno de los más importantes dentro del PMI, sin embargo no es una camisa de fuerza en la toma de decisiones y así lo hace saber en el documento *Guía del PMBOK* en la sección “AVISO”: “*las publicaciones y guías del PMI son integradas mediante un proceso de desarrollo de normas por consenso voluntario. Este proceso reúne a voluntarios y/o trata de obtener las opiniones de personas que tienen interés en el tema cubierto por esta publicación. Aunque PMI administra el proceso y establece reglas para promover la equidad en el desarrollo del consenso, no redacta el documento y no prueba, ni evalúa, ni verifica de manera independiente la exactitud o integridad de ninguna información ni la solidez de ningún juicio contenidos en sus publicaciones de normas y guías*” [11].

Lo anterior muestra que, como muchas organizaciones, el PMI deja libre la elección y aplicación de las herramientas con las que cuenta, así que dar respuesta al interrogante de cómo documentar y ejecutar un proyecto de automatización a nivel industrial se convierte en un problema más subjetivo.

Por otra parte las normas de la Sociedad Internacional para la Automatización ISA [12] brindan una serie de herramientas que están diseñadas para facilitar tanto la documentación como la ejecución de los proyectos de automatización. Así que para responder la pregunta formulada anteriormente, el presente documento de pregrado busca hacer una investigación y después hacer la respectiva selección de las herramientas existentes en las normas de ISA en cuanto a proyectos a nivel de planta se refiere y encajarlas en la creación de un documento que oriente en las etapas de documentación y ejecución.

En esencia un proyecto puede ser capturado en papel con unos pocos elementos simples; una fecha de inicio, una fecha de finalización, las tareas que deben ser realizadas, cómo y cuando se deben realizar, y alguna idea de los recursos (la gente, máquinas etc.) que serán necesarios durante el curso del proyecto.

La estructura mediante la cual se desarrolla un proyecto se puede dividir en una serie de operaciones y actividades que se agrupan y que van transcurriendo en el tiempo. Por tanto, es posible acercarse a la solución definitiva jerarquizando el trabajo proyectual desde niveles generales, en los que el problema se trata de modo global, hasta niveles específicos, en los que el proyecto se desarrolla con detalle. Los distintos niveles jerárquicos en los que se desarrollan las distintas actividades del proyecto se denominan *etapas del proyecto* [13].

En la resolución de un proyecto de automatización industrial a nivel de planta, es imprescindible utilizar una técnica definida. Esta técnica comprende diversas etapas y herramientas a través de las cuales, se resuelven los problemas planteados y la planta automatizada se va materializando, primero en unas ideas básicas, después en unos planos y documentos que la definen y por último en una realización física que es capaz de satisfacer los objetivos para la que ha sido construida.

La presente recomendación, para documentar y ejecutar proyectos de automatización a nivel de planta, centra su estudio en la documentación técnica que debe ser llevada en cada una de las etapas que sigue un agente desarrollador para su consecución. Con ello se pretende que tanto estudiantes como profesionales de proyectos, que desarrollen su actividad en el campo de la automatización, tengan un instrumento que sirva de ayuda a la resolución de la fase de documentación del proyecto.

A nivel mundial se han establecido, entre otros, las siguientes fases o etapas de un proyecto [14]:

- Ingeniería Conceptual
- Ingeniería Básica

- Ingeniería Detallada
- Gestión de compras de Equipos y Materiales.
- Realización y/o Montaje
- Pruebas de Funcionamiento
- Pruebas de Aceptación por el Cliente
- Entrega en Operación o a Explotación Comercial del Proyecto
- Fin de la Puesta en servicio.
- Documentación.

Una recomendación para documentar y ejecutar de proyectos de ingeniería debe proporcionar la información necesaria y explícita, que permita al desarrollador o desarrolladores del proyecto, tener unas etapas concretas para ejecutar paso a paso, con el fin de alcanzar las metas definidas en el proyecto dentro del lapso de tiempo pactado.

Debido a que este trabajo de pregrado se centra en la propuesta de una recomendación técnica para la documentación y ejecución de proyectos de automatización desde su conceptualización hasta la entrega final, y con el fin de facilitar el análisis de las diferentes etapas que lo constituyen, los desarrolladores del presente documento han decidido concentrar tales etapas en dos grupos generales: Documentación (*Ingeniería Conceptual, Ingeniería Básica e Ingeniería Detallada.*) y Ejecución (*Gestión de compras de Equipos y Materiales, Realización y/o Montaje, Pruebas de Funcionamiento, Pruebas de Aceptación por el Cliente, Entrega en Operación o a Explotación Comercial del Proyecto, Fin de la Puesta en servicio etc.*). Esto es posible ya que no existe un diseño rígido a seguir en un proyecto de automatización (PA) y además estas etapas conforman el núcleo básico para un Proyecto de Automatización para la gran mayoría de empresas relacionadas con la automatización de procesos industriales.

Para nombrar un par de empresas que aplican como núcleo básico de su ingeniería de proyectos las etapas mencionadas anteriormente, se encuentran a *Inprint y Kamati LTDA.*, ambas, prestadoras del servicio de soluciones integrales en automatización industrial en Chile y Colombia, respectivamente. Como lo indican en su página web:

“Como parte de la etapa de evaluación y definición de un proyecto, ofrecemos una serie de servicios relacionados con su elaboración, tales como: Estudios de Factibilidad e Inversión, Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle, Evaluación y Gestión de Compra, Administración del Proyecto y Apoyo a la Puesta en Marcha Inprint 2010 [15].” y “Nuestro departamento técnico desarrolla proyectos desde la asesoría y venta de equipos para la automatización, productos eléctricos e instrumentación en campo, pasando por la ingeniería conceptual, básica y de detalle hasta la puesta en marcha, incluyendo la capacitación para la operación y mantenimiento y el soporte técnico postventa. Kamati LTDA. [16].” Cada una de estas empresas brindan una muestra de cómo se maneja la gestión de proyectos desde el área laboral.

Las etapas en el desarrollo de proyectos de ingeniería no son definitivas ni están sujetas a plantilla alguna, ya que todos los proyectos no son iguales ni se desarrollan en iguales condiciones. Es por eso que, los proyectos de automatización se complementan con requisitos que se prevén en cada caso. En este capítulo se profundizará en cada uno de ellos y se desarrollará la propuesta de la recomendación técnica que pretende este trabajo.

Es importante destacar que la creación de la recomendación técnica para documentar y ejecutar proyectos de automatización a nivel de planta, objetivo principal de este trabajo de pregrado, se basa tanto en información recopilada de referencias bibliográficas como en la investigación realizada a través de diferentes entrevistas con personas que están en contacto directo con proyectos de automatización a nivel de planta. La idea consiste en realizar una intersección de la información que se encuentra en los libros, para la documentación y ejecución de proyectos de automatización, y la información y métodos más relevantes para las empresas que desarrollan este tipo de proyectos. Lo que no se busca es redundar en la presentación de dicha información, por ese motivo la información obtenida en las entrevistas está inmersa en la presente monografía y se resaltan en las referencias bibliográficas [17] [18] [19].

1.6 ESTRATEGIA APLICADA EN EL PROCESO DE CREACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES TÉCNICAS

El desarrollo de las “*Recomendaciones técnicas para documentar y ejecutar proyectos de automatización a nivel de campo basado en estándares de la ISA*”, se basó en una estrategia que permitió elaborar de una manera consistente el documento final en el cual está consignado el resultado de la investigación. La Figura 1.8 permite visualizar la estrategia en la cual se basó el desarrollo las recomendaciones técnicas. Esta consistió en: primero, identificar el problema al cual se enfrentaba este trabajo, después, buscar información en referencias bibliográficas, así como también, pedir la asesoría de ingenieros que están directamente involucrados con el desarrollo de proyectos de automatización a nivel de campo. Por último, con base en estas dos fuentes de información, identificar los puntos críticos de un proyecto y los pasos a seguir para lograr la meta de las recomendaciones.

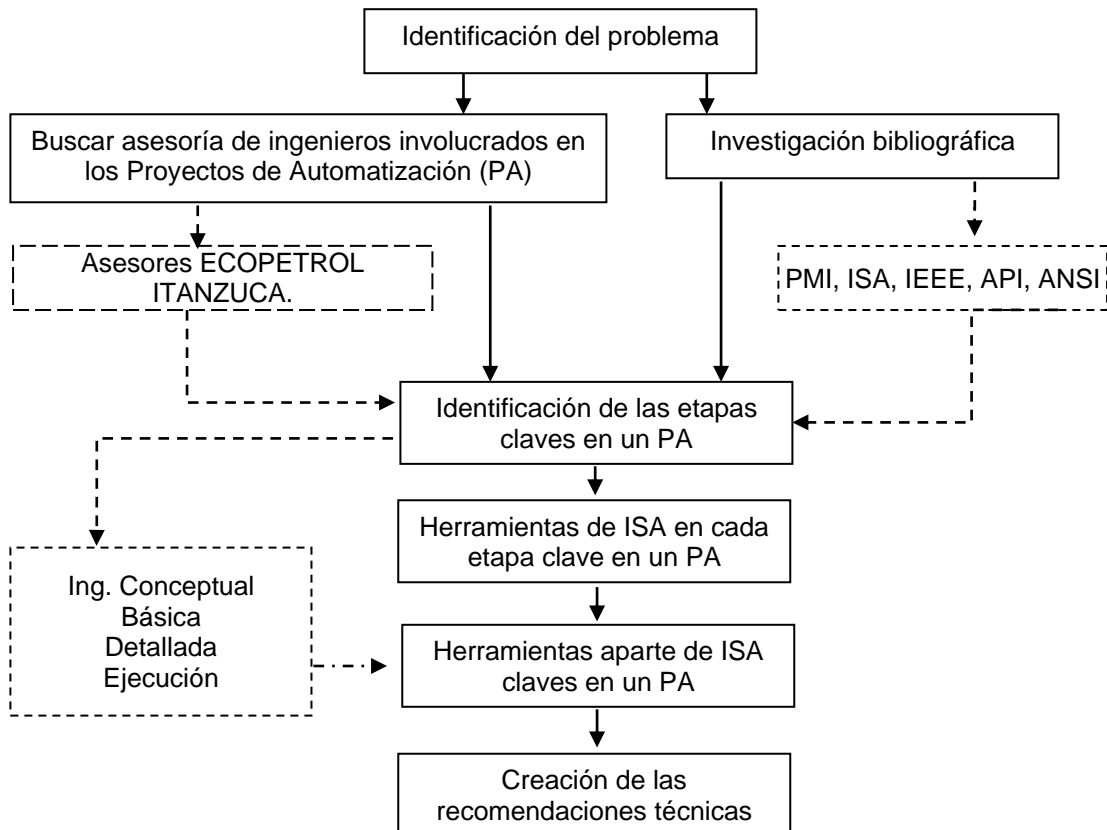


Figura 1.8. Mapa conceptual del proceso de creación de las recomendaciones técnicas

Fuente Propia

1.7 NORMAS ÚTILES EN EL PROCESO DE DOCUMENTACIÓN

En la realización de la presente monografía se investigaron y analizaron diferentes normas y estándares, con los que se trabaja con frecuencia en la industria. Estas normas han sido clasificadas, identificadas, así como descritas según se requieran, y posteriormente utilizadas en las diferentes etapas del proyecto de automatización llevado a cabo en la planta caso de estudio.

A continuación se describen y listan las normas y estándares:

- **ANSI/ASME Y14.1-1995(R2002) *American National Standard Institute* [20]**

Se utiliza como recomendación técnica para los planos y formatos en las tres etapas de ingeniería, conceptual, básica y de detalle. Es de uso frecuente ya que muchas empresas lo utilizan para la interpretación de planos, dibujos, típicos de montaje, diagramas P&ID, en lo correspondiente a la especificación de la hoja, tamaño, dimensiones y características de una plantilla de diseño:

- Por quien fue diseñado
- Por quien fue dibujado
- Revisión
- Aprobación
- Logo
- Tipo de dibujo
- Escala, entre otros ítems.

- ***NEMA National Electrical Manufacturers Association. y NEC National Electrical Code* [21]**

Estas normas han sido utilizadas como recomendación para la elaboración de los diagramas de línea, planos eléctricos, planos de distribución eléctrica, de conexión,

indicando como se debe hacer correctamente según la codificación y simbología establecida en la industria.

- ***IEC International Electro technical Commission [22]***

Esta norma no fue utilizada en la realización del presente trabajo de pregrado, sin embargo, se menciona en una parte de la monografía cuando se hace referencia a los SIS (sistemas instrumentados de seguridad normas IEC 61508 e IEC 61511).

- ***ISO 567-1 Y API American Petroleum Institute [23]***

Estas normas fueron utilizadas en el cálculo de la platina de orificio, necesaria para realizar la medición de caudal. La norma ISO 567-1 se aplicó en el cálculo de dispositivos de medición de caudal y las normas API sirven a su vez de soporte a la norma ISO 567-1.

- ***ISA international Society of Automation [24]***

A lo largo del proyecto fueron utilizadas varias normas de esta asociación, así como también ciertos reportes técnicos que, aunque no son normas o estándares, se aplican mucho en la industria, como por ejemplo la ISA TR20.00.02 2001

- ***ISA TR20.00.01 2001 [25]***

Este reporte técnico de ISA se utilizó en la etapa de la ingeniería conceptual, para al dimensionamiento de los equipos en la lista preliminar, así mismo se profundizó en la ingeniería básica, para tener de manera definitiva el listado de dispositivos e instrumentos, ha servido para hacer la selección, así como las cotizaciones a los diferentes proveedores. Por otra parte sirvió como base para la elaboración de las diferentes plantillas, B001 a B005, documentos indispensables en el desarrollo de la monografía, así como en el caso de aplicación que permite el dimensionamiento de los equipos, así como su selección y solicitud a los proveedores.

- **ISA S5 [26].**

Esta fue la norma de mayor uso en la monografía debido a la naturaleza del presente trabajo de grado, pues es la recomendada para la documentación de instrumentación y control.

Este estándar de manera objetiva distingue instrumentos así como sistemas de instrumentación para medición y control, presentando la designación que incluye códigos y símbolo de identificación. Este estándar es utilizado en cualquier tipo de industria procesadora.

La norma ISA s5 se divide en cuatro (4) partes:

- **S5.1 Símbolos e identificación de Instrumentación** (*Instrumentation Symbols and Identification*)

Se utilizó en la representación e identificación de los instrumentos y dispositivos, sus funciones inherentes, sistemas de instrumentación y aplicación para la medición de nivel, caudal, así como el control de estas variables, presentando la identificación de esquemas y símbolos que hacen parte de los diagramas de la planta GACHE_1.

- **S5.2 Diagramas de Lógica Binaria para procesos** (*Binary Logic Diagrams for Process Operations*)

Se utilizó como método de diagramación lógica binario y secuencia de sistemas para el arranque, operación, monitoreo, y apagado de equipo y proceso, en la planta GACHE_1, facilitando el entendimiento de operación entre el personal tanto de mantenimiento como de operatividad.

- **S5.3 Símbolos gráficos para instrumentación de control distribuido/compartido, y sistemas de lógica** (*Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems*)

Se utilizó en el caso de aplicación para establecer la documentación de la instrumentación de la pantalla táctil, del PLC, de la radio base, utilizando los símbolos de instrumentación de campo.

- **S5.4 Diagramas de lazo de instrumentos** (*Instrument Loop Diagrams*)

Este estándar se indica como recomendación técnica, y se utiliza en el caso de aplicación para los diagramas de lazo de instrumentos, de la planta GACHE_1, también asiste a todas las personas relacionadas con la planta brindándoles una fuente de funcionamiento.

- **Normas ICONTEC [27]**

Utilizado durante todo el trabajo de grado para realizar la documentación pertinente al desarrollo de la monografía, anexos, tablas y demás documentos.

A continuación se listan las normas antes mencionadas. También se resumen en la tabla 1.2, que relaciona las diferentes etapas de ingeniería con el tipo de norma y en qué fase han sido utilizadas.

Sin embargo las normas son utilizadas indistintamente durante todo el trabajo de grado en cualquier fase o etapa del proyecto según se requiera.

- *ANSI American National Standard Institute [20].*
- *NEMA National Electrical Manufacturers Association [21] .*
- *IEC International Electrotechnical Commission [22].*
- *API American Petroleum Institute [23].*
- *ISA International Society for Automation [21].*
- *ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas. [27]*

Tabla 1.2. Resumen normas utilizadas en las etapas del proyecto. Fuente propia

NORMA APLICADA	ETAPA DEL PROYECTO		
	ING. CONCEPTUAL	ING. BÁSICA	ING. DETALLADA
ANSI Y14.11995	Realización de formatos hojas de registro, entre otros	Realización de formatos, planos Documentos, PFD, P&ID. Verificación y ampliación de formatos, planos, PFD, P&ID	
NEMA &NFPA		Realización de planos eléctricos, de conexión, distribución eléctrica Realización y verificación de planos eléctricos de conexión, distribución eléctrica, otros	
IEC 61508-11	Documentación SIS		
ISO &API 567-1	diseño platina de orificio		
ISA S5, TR20	listado de equipos	dimensionamiento de equipos planos, diagramas de lazo planos diagramas de lazo	
ICONTEC N.Tec de escritura 2010	Realización de la de la documentación a lo largo de todo el trabajo. Monografía, anexos y documentos varios		

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO I

- [1]. Definición de Proyecto (2009). tomada de [Citada 2009 11 10] 2009 Wikipedia. Disponible en línea en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto>
- [2]. ULLOA. lipcia M, PROTTI Q María A. Investigación de Operaciones (1994). Editorial EUNED. Libro consultado en línea disponible en http://books.google.com.co/books?id=6NHEmmbHGcoC&pg=PA172&lpg=PA172&dq=clasificacion+de+los+proyectos&source=bl&ots=wWmdyKmQ&sig=Eke_UTdztTTkE29NG17yhprxdH8&hl=es&ei=8ChwS_XDHumB8QapzfyEBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CCMQ6AEwBzgK#v=onepage&q=&f=false
- [3]. RUIZ P. María. (2009). Organización y Gestión del Proyecto. Contenido de Curso. Departamento de transportes y tecnología de proyectos y procesos. Universidad de Cantabria. Documento disponible en línea en: <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/organizacion-y-gestion-del-proyecto>. Consultado enero de 2010.
- [4]. MUÑOZ A. Mariela. Proyecto de Automatización I 2008. Universidad del Cauca, FIET. Programa en Ingeniería Automática Industrial. presentación de clase.
- [5]. GÓMEZ. Eliseo, MARTÍNEZ. Senent, (2000) Cuadernos de Ingeniería de proyectos II. Del diseño de detalle a la realización. Editorial U.P.V. Universidad politécnica de Valencia.
- [6]. GÓMEZ Senent, E, LÓPEZ D, Aragonés P. *análisis de la estructura física del proyecto*. IV Congreso Internacional de Ingeniería de proyectos. Córdoba. 7-9 octubre de 1998.
- [7]. *Batch Control Part 1: Models and Terminology* ANSI/ISA-88.01-1995.
- [8]. CHACÓN Edgar A.*, ROJAS Oscar A. Enfoque desde los Sistemas Holónicos de Manufactura para Procesos de Producción Batch. (2008). Artículo de XIII Congreso Latinoamericano de control automático / VI Congreso Venezolano de automatización y control. Disponible en línea en: <http://eventos.saber.ula.ve/eventos/conferenceTimeTable.py?confId=47&showDate=all&showSession=all&detailLevel=contribution&viewMode=plain>

- [9]. *Enterprise- Control System Integration. Part 1: Models and Terminology ISA dS95.01-1999*
- [10]. PMI Project Management Institute_ <http://www.pmi.org/>. Visitada agosto 2010
- [11]. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK). Cuarta edición (2008). Publicado por Project Management Institute, Inc.(2008)
- [12]. InterEmpresas página web oficial. www.interempresas.net (2009) Consultada en octubre de 2009.
- [13]. Proceso de administrar proyectos de automatización (2009): Artículo de *Machine Tool Help*. Disponible en línea en: <<http://www.machinetoolhelp.com/Automation/automationcontracts.html>> Consultada en octubre de 2009.
- [14]. Definición de proyectos de automatización (2009). Ambar Chile Automatización. Disponible en línea en: <http://www.ambarchile.cl/productos_servicios.php>. Consultado octubre de 2009
- [15]. Inprint. Página web oficial <http://www.inprint.cl/servicios.htm> [Citada 2010 02 5]. 2010
- [16]. Kamati LTDA. Pagina web oficial <Http://www.kamatilda.com/enfoques.htm> [Citada 2010 02 5]. 2010
- [17]. Ingeniero Paulo Galindo. Entrevista personal realizada en marzo de 2010. Cargo: Encargado de la gestión de proyectos ECOPETROL
- [18]. Ingeniero Andrés Meneses. Entrevista personal realizada en septiembre de 2010. Encargado de la gestión de proyectos ECOPETROL
- [19]. Manuel Tarazona. Entrevista personal realizada en mayo de 2010. Cargo Encargado de la gestión de proyectos ECOPETROL
- [20]. ANSI/ASME Y14.1 - 2005 *Decimal Inch Drawing Sheet Size and Format*. Publicado por ANSI (2005) Documento disponible en http://catalog.asme.org/Codes/PrintBook/Y141_2005_Decimal_Inch.cfm
- [21]. NEMA. *National Electrical Manufacturers Association*. Pagina web oficial <http://www.nema.org/>

- [22]. IEC. *International Electrotechnical Commission* pagina web oficial <http://www.iec.ch>
- [23]. *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full*. Publicado por ISO (2003) http://download.cnet.com/ISO-5167-2003/3000-2078_4-10711726.html
- [24]. ISA. *International Society of Automation*. Pagina web oficial <http://www.isa.org/>
- [25]. *Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments/ISA TR20.00.01 2001* Disponible en línea en: <http://www.controlsforyou.com/images/PDF%20Files/ISA/ISA-TR20.00.01-2001.pdf>
- [26]. Instrumentation Symbol Identification S5. (2001). Publicado por ISA. Disponible en línea en : http://www.isa.org/Content/Microsites165/SP18,_Instrument_Signals_and_Alarms/Home163/ISA_Standards_for_Committee_Use/S_55.pdf
- [27]. ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Pagina web oficial <http://www.icontec.org.co/>.

CAPÍTULO 2 RECOMENDACIONES TÉCNICAS: INGENIERÍA CONCEPTUAL

El presente documento recomienda los pasos a seguir en la documentación y ejecución de un proyecto de automatización a nivel de planta, independientemente del proceso productivo; sea por lotes, continuo, discreto o mixto. Es decir, es un documento estándar aplicable a la planeación y ejecución de un proyecto de automatización a nivel de planta, que involucra las principales características de la misma.

Un proyecto de automatización a nivel de planta inicia con la idea de producto o proceso. Es de vital importancia desarrollar una ingeniería en este punto con el fin de tener una mejor idea del producto y del proceso. Las recomendaciones técnicas de la presente monografía no son una guía de la fase de concepción de un producto o proceso, constituyen solo una herramienta de apoyo en su documentación.

La idea de estas recomendaciones técnicas es guiar al usuario en el desarrollo de un proyecto de automatización, desde el momento en el que se hace la solicitud por parte del cliente, y proponer una manera sistemática de recolectar y presentar la información. Para estas tareas en la presente monografía se han diseñado herramientas de procedimientos, plantillas y formatos, basados en normas, que sirven de orientación a través de dicho proceso. Estas herramientas van apareciendo en el transcurso del documento, en cada una de las etapas en las que son necesarias

Se sugiere que toda la información recogida en estas recomendaciones sea almacenada en un conjunto de documentos para llevar un historial del proyecto. Este se conoce como *dossier* de automatización. El primer paso del proyecto es el desarrollo de la ingeniería conceptual. Este tiene el proceso listado a continuación [1]:

- Recopilar requerimientos del cliente.
- Analizar especificaciones técnicas.
- Plantear y seleccionar la solución (anteproyecto).
- Realizar documentación de instrumentación y control.

- Diseñar la filosofía de control.
 - Fijar modelo de operaciones.
 - Listar instrumentos.
 - Listar señales y analizar disturbios.
 - Analizar Sistemas instrumentados de seguridad SIS.
- Diseñar Sistema eléctrico.
- Determinar obras civiles y documentos de construcción.
- Realizar el cronograma de actividades.

A continuación se realiza la explicación de cada uno de los puntos nombrados anteriormente.

2.1 RECOPIACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

La recopilación de requerimientos del cliente es la parte más crítica en un proyecto de automatización. Es de vital importancia tener unos requerimientos sólidos y fijos con el fin de poder definir los objetivos del proyecto.

Se recomienda en primera instancia entrevistarse con el cliente para discutir los principales puntos del proyecto de automatización. “Lo que no está escrito no está dicho”, por esta razón se debe llevar un registro de la entrevista. Para ello se recomienda utilizar el formato C01 de “entrevista con el cliente” (sección 2.9), en el cual se registra la fecha de la reunión, lugar, asistentes etc. Este formato se usa cada vez que tenga lugar una reunión con el cliente. Se recomienda que la entrevista se realice con una persona o personas que tengan ideas claras de las características del proyecto, con el fin de recolectar información relevante. Se recomienda hacer uso de los formatos de “recopilación de requerimientos del cliente” C02, C03, C04, (sección 2.9) para recolectar la información técnica y funcional, de esa reunión de una manera sistematizada y puntual, de lo que el cliente quiere. Si es necesario se pueden usar hojas externas para agregar información.

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Con base en los requerimientos del cliente, se crea la lista de instrumentos, formato C05 (sección 2.9), y se realiza la especificación técnicas de cada uno de ellos. En caso de existir varios del mismo tipo basta con hacerlo solo para uno. Para ello se recomienda usar el reporte técnico de la ISA TR20 [2]. Diligenciándolo como lo indica la norma. Debido a que esta forma fue diseñada tanto para clientes como para compradores y fabricantes existen muchos ítems que no aplican. Se recomienda solo llenar los de mayor importancia y dejar en blanco o con un guion (“-”) los que no se necesitan. En el documento de ISA TR20 se encuentran una serie de formas para los diferentes tipos de instrumentos de nivel, presión, temperatura etc. que pueden ser usados y otros que están en fase de aprobación.

2.3 PLANTEAMIENTO Y SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN (ANTEPROYECTO)

Teniendo en cuenta los requerimientos del cliente y las especificaciones técnicas, el grupo de ingenieros que van a desarrollar el proyecto se reúnen a plantear soluciones. De todas las posibles soluciones se elige la mejor opción en cuanto a cumplimiento de los requerimientos, viabilidad técnica, económica y todos los aspectos que puedan influir en la toma de decisiones [3]. Al final de este proceso se recomienda realizar un documento Anteproyecto, ver tabla 2.1, el cual cuenta con los siguientes puntos.

Tabla 2.1 contenido del documento anteproyecto

CONTENIDO	DESCRIPCIÓN
• Portada	
• Nombre del proyecto	
• Ingenieros o empresa que lo desarrollan	
• Fecha de presentación.	
• Tabla de contenido	
1. Introducción	
2. Propuesta de la alternativa (objetivos)	

2 Descripción detallada: (bases operacionales) Filosofía de Control	Desglosar de una manera clara y puntual aspectos tecnológicos y de proceso del sistema, así como un planteamiento de las técnicas empleadas para la consecución de los objetivos del proceso y proyecto.
4. Diagrama de planta/proceso planteado	
5. Descripción detallada de las estaciones de trabajo	
a. Justificación de la elección	
b. Tipos de sensores	
c. Tipos de actuadores	
d. Clasificación de la maquinaria	
e. Principales características técnicas	
6. Estudio de viabilidad	De ser necesario realizar la viabilidad técnica y económica del proyecto, se debe escoger un grupo de trabajo con las cualidades y conocimientos necesarios para llevar a cabo tal propósito y definir los principales ítems.
7. Recomendaciones técnicas	
a. Objetivo	
b. Características de la zona	
c. Códigos, estándares y procedimientos aplicables	
d. Descripción de los alcances de los trabajos	
e. Trabajos a realizar (divididos por etapas y equipos)	
f. Personal requerido	
g. Requerimientos generales durante eventual contrato	
h. Entrega del informe final mediante medios físicos	
8. Lista preliminar de equipos, instrumentos y señales	
9. Lista preliminar de construcción	
10. Lista preliminar de materiales	
11. Presupuesto del proyecto	
12. Costo del proyecto	

La tabla 2.1 recoge las principales características de la información relevante que organizaciones como ECOPETROL [4], INPRINT [5], y AMBAR [6], realizan en esta fase.

2.4 DOCUMENTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Se recomienda para la realización de la documentación de instrumentación y control utilizar la norma ISA S5. El objetivo de este estándar es establecer una manera uniforme

de designar instrumentos y sistemas de instrumentación usados para medición y control. Para ello, se presenta un sistema de designación que incluye códigos y símbolos de identificación. Los símbolos para equipos de procesos no forman parte de este estándar, pero son incluidos sólo para ilustrar las aplicaciones de los símbolos de instrumentación. El estándar es aplicable en química, petróleo, generación de energía, aire acondicionado, refinerías y muchas otras industrias procesadoras. El estándar intenta proveer suficiente información para capacitar a cualquiera (que tenga un conocimiento razonable de procesos) para revisar documentos describiendo procedimientos de medición y control para entender su significado dentro de los procesos. El conocimiento detallado de un especialista en instrumentación no es un pre requisitos para entenderlo [7].

Para el desarrollo de la etapa de ingeniería conceptual, no es necesario tener completamente realizada la documentación de la instrumentación y control como diagramas lógicos, diagramas de flujo de proceso, P&ID, capítulo 3 secciones 3.5, 3.6 y 3.7, basta con tener las bases operacionales, es decir: Filosofía de Control, diagrama de planta/proceso planteado, así como también la lista de instrumentos y lista de señales con el análisis de disturbios.

2.5 FILOSOFÍA DE CONTROL

La filosofía de control es un documento donde se describen las principales actividades del proceso como lazos de control, control de flujo, líneas de suministro, instrumentación, filosofía de arranque, filosofía de parada, filosofía de operación etc. y las condiciones preliminares de cada una de ellas. Se debe ser explícito y claro para especificar cada paso de ejecución. Se deben incluir etiquetas de las señales y equipos. Se recomienda que el documento de filosofía de control tenga la siguiente organización, ver tabla 2.2.

Tabla 2.2 Contenido de la filosofía de control

CONTENIDO
Portada
Tabla de contenido
Filosofía de control de

equipo
o Lazos de control
o Instrumentación
o Líneas de suministro
Filosofía de arranque
Filosofía de Encendido
Filosofía Parada

La filosofía de control es un elemento fundamental, sobre todo para los ingenieros encargados de programación, ya que permite visualizar la forma en que se debe secuenciar el funcionamiento de los dispositivos, con el fin de que todos los componentes engranen de una manera precisa en el proceso, y garantizar una correcta configuración de los equipos e instrumentos.

2.5.1 Modelo de operaciones

El objetivo del modelo de operaciones es presentar un diseño preliminar de las operaciones del proceso de una manera sistematizada y que refleje las secuencias que se siguen en el proceso. Este modelo de operaciones puede ir acompañado de dibujos, fotografías, planos en 3D y todo lo que permita una visualización a escala del proceso.

Se recomienda en primera instancia, y si el tipo de proceso lo permite, utilizar el modelo físico, el modelo de control de procedimiento y el modelo de proceso de la norma ISA 88 [8]. En caso que el proceso no permita utilizar esta norma se debe utilizar la que más se adecue, por ejemplo, a nivel de desarrollo de proyectos en los modelos de operaciones existen diferentes tipos de metodologías que se pueden tener en cuenta entre estas se encuentran: el diagrama de precedencia, el diagrama de procesos u operaciones, entre otros [9].

Un *diagrama de precedencia o diagrama de flujo* es una técnica que puede ser utilizado para la planificación o el análisis de una secuencia de tareas o de un proceso de toma de decisión. Es útil para la exposición y comunicación de información, estos consisten en cajas con frases, indicando brevemente la actividad o la decisión a través de la página de izquierda a derecha, o hacia abajo en una página de arriba abajo.

El *diagrama de proceso* es una forma gráfica de presentar las actividades involucradas en la elaboración de un bien y/o servicio terminado. Este, también es denominado *Diagrama de Flujo de Proceso (PFD)* que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente. En la práctica, cuando se tiene un proceso productivo y se busca obtener mayor productividad, se estudian las diversas operaciones para encontrar potenciales o reales “cuellos de botella” y dar soluciones utilizando técnicas de ingeniería de métodos.

2.5.2 Lista de instrumentos

El formato recomendado C05, ver sección 2.9, permite presentar en una forma estandarizada los diferentes instrumentos necesarios en la instrumentación del proceso. Esta lista por lo general cumple con unos requisitos de presentación preestablecidos como el formato del papel, formato para documento digital, tipo de letra, tamaño de letra, márgenes, así como contener información referente a etiqueta (*tag*), descripción de instrumento, servicio, línea y/o equipo, P&ID, hojas de datos, típico de montaje, diagrama de lazo entre otros.

2.5.3 Lista de señales y análisis de disturbios

Este listado contiene las señales provenientes de instrumentos en campo, así como las señales provenientes de otros equipos por medio de red de datos, y las señales de la base de datos del sistema de control que se infieren para transmitir al sistema SCADA. El formato recomendado C06, ver sección 2.9, muestra una plantilla útil para realizar el listado de señales. Con base en este listado se realiza un análisis de disturbios con el fin de identificar cuáles de ellas y de qué forma afectan al proceso y así realizar una elección de la mejor estructura de control. Cuando se elabora un Listado de señales se debe tener en cuenta las recomendaciones generales preestablecidas como por ejemplo: etiqueta, descripción del instrumento, eventos y alarmas, enclavamientos, dirección lógica etc.

El análisis de disturbios es de vital importancia en la selección de la estructura de control y esta a su vez, es la que determina el mejor costo/beneficio estimado del proyecto, siendo este ítem identificado como el número uno para tener la aprobación del proyecto [10].

Para realizar el análisis de disturbios se propone la siguiente tabla en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Contenido del análisis de disturbios

• Portada
• Nombre del proyecto
• Ingenieros o empresa que lo desarrollan
• Fecha de presentación.
• Tabla de contenido
• Identificación de las variables a controlar
○ Análisis de disturbios
○ Disturbios no existentes
○ Disturbios críticos
○ Disturbios no críticos
• Estructura de control seleccionado

El análisis de disturbios es importante porque, permite identificar las precauciones y restricciones que la variable controlada impone al esquema de control que va a ser instrumentado.

2.5.4 Sistemas instrumentados de seguridad SIS

Los sistemas instrumentados de seguridad son una parte crucial en un proyecto de automatización y especialmente en proyectos de automatización de plantas industriales donde el peligro para el personal está latente. En esta monografía no se explica cómo se debe diseñar un sistema instrumentado de seguridad, ya que es un tema extenso y debe ser tratado como un proyecto aparte, por ende, merece una atención más cuidadosa. Para desarrollar un sistema instrumentado de seguridad se debe seguir la misma

metodología de un proyecto de automatización; ingeniería conceptual, básica, detallada y una etapa de ejecución. Para mayor información ver anexo 1 sección 1.7.

2.6 SISTEMA ELÉCTRICO

En la etapa de ingeniería conceptual, los principales documentos que conforman el sistema eléctrico son [11]:

- *Diagramas de clasificación de área:* Los diagramas de clasificación de áreas simplemente definen las áreas de riesgo sombreándolas en su exterior de acuerdo con los códigos de áreas peligrosas de NFPA⁵. [12]. Usualmente se hacen en planos, pero realmente no son diagramas eléctricos y algunas veces se realizan por otras disciplinas.
- *Diagramas de línea:* También a menudo llamados “líneas simples”, muestran la distribución de potencia de tres fases hacia un equipo de una manera simplificada, sin dejar por fuera detalles esenciales de funcionalidad. Ellos muestran la acometida eléctrica y usualmente definen los límites de las responsabilidades eléctricas.

Los diagramas de una línea muestran *switches* y dispositivos de protección, interruptores de circuito, encendidos, transformadores, controladores de motores, motores y generadores, equipo de medición, dispositivos de control y relees, botones de contacto, paneles de iluminación.

- *Diagrama de puesta a tierra:* El diagramado de puesta a tierra es un poco complejo. Existen dos tipos: uno es similar al detalle de instalación y consiste en una serie de detalle individual de equipos; el otro es un tipo de diagrama de disposición que muestra locación, puntos de conexión, y rutas de cables. Los ingenieros eléctricos y diseñadores son conscientes de la seguridad que se debe brindar desde sus trabajos cuando se trabajan con altos voltajes y corrientes. Los ingenieros de sistemas de control y diseñadores también deben ser conscientes de la seguridad pero también de la reducción de ruido eléctrico.

⁵ National Fire Protection Association

Los diagramas eléctricos deben ser realizados por personal capacitado en el tema. De los documentos anteriores se puede realizar con la ayuda de la norma ISA S5.4 los diagramas de línea.

2.7 OBRAS CIVILES Y DOCUMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

En lo concerniente a la ingeniería conceptual de instrumentación y sistemas de control, el *dossier* o expediente de construcción recopila, entre otra, la siguiente información organizada en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 expediente de construcción

Personal :
• Lista de subcontratistas
• Listado de Proveedores
Materiales:
• Material de estructuras
• Material de tuberías
• Material civil
• Material eléctrico
• Material de instrumentación
• Material de control
Civil
• Planos
Estructuras
• Listado de planos
Tuberías
• Documentación de soporte de tuberías
Instalaciones eléctricas
• Lista de cables
• Lista de clasificación de áreas
• Lista de cajas de empalmes
• Listado de tableros y accesorios instalados
• Planos de referencia
Instalaciones de instrumentación y control
• Lista de cables
• Lista de clasificación de áreas

<p>peligrosas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista de cajas de empalmes • Listado de tableros y accesorios de control

Para mayor información acerca de la documentación de construcción se recomienda [13].

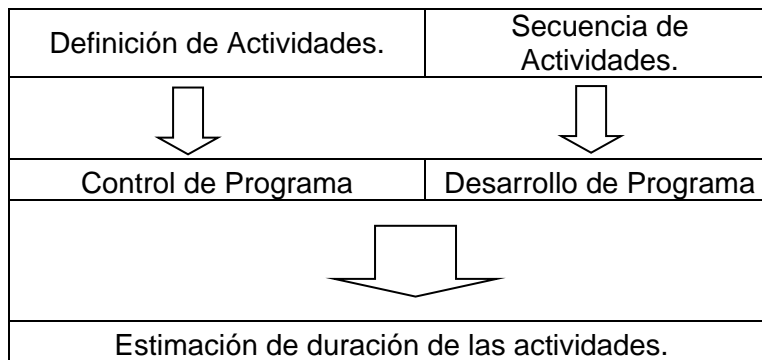
2.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Un cronograma de actividades es un esquema básico, donde se distribuye y organiza en forma de secuencia temporal un conjunto de actividades diseñadas que se desean realizar a lo largo de un transcurso de tiempo. La organización temporal básicamente se realiza en torno a dos ejes: La duración de la actividad y el tiempo que previsiblemente el ejecutante de las actividades dedicaran a su desarrollo [14].

A continuación en la tabla 2.5 se describe un panorama con los objetivos de los principales procesos para desarrollar la programación de administración del tiempo en el proyecto:

Tabla 2.5 Proceso de la programación de administración del tiempo del proyecto.


Fuente [14].





La administración del tiempo permite prever las necesidades futuras de cada actividad y así mismo los recursos que estas consumirán, de esta manera se puede realizar con seguridad la programación de las actividades.


2.9 FORMATOS INGENIERÍA CONCEPTUAL

Para la etapa de ingeniería conceptual se han diseñado seis (6) formatos con el fin de facilitar la recolección, organización y presentación de la información relevante en esta etapa. A continuación aparecen los formatos C0 “entrevista con el cliente”, C02, C03, C04, de “recopilación de requerimientos del cliente” C05 “lista preliminar de equipos” y C06 de “lista preliminar de señales”

	NOMBRE DEL PROYECTO		No de control interno
	INGENIERIA CONCEPTUAL: ENTREVISTA CON EL CLIENTE		FECHA: d_m_a_
	PLANTA : <input type="text"/>		formato: C01
			REV.0
LUGAR DE LA REUNION:			
PROPOSITO DE LA REUNION:			
ASISTENTES:			
NOMBRE			CARGO QUE DESEMPENA
AUSENTES			
ORDEN DEL DIA			
OBSERVACIONES			

	NOMBRE DEL PROYECTO		No de control interno
	INGENIERIA CONCEPTUAL: RECOPIACION DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE		FECHA: d m a
	PLANTA: <input type="text"/>		formato: C02
			REV.0
ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO CON EL CLIENTE			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe a continuacion con detalle la Planta Industrial según el caso	
A. TIPO DE PLANTA			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe a continuación los equipos y la maquinaria de la planta industrial caso de estudio.	
B. TIPO DE MAQUINARIA			
NUEVA			
EXISTENTE			
Marque con una X el ítem que corresponda			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe con detalle el tipo de proceso o procesos que se realizan en la planta industrial	
C. TIPO DE PROCESO			
NUEVO			
EXISTENTE			
MEJORA			
Marque con una X el ítem que corresponda			
DESCRIPCION DEL ITEM		Presente la localización y ubicación de la planta industrial.	
D. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE LA PLANTA			
DESCRIPCION DEL ITEM		Escribe los insumos y las materias primas que se requieren en el proceso industrial	
E. INSUMOS Y MATERIAS PRIMAS			
DESCRIPCION DEL ITEM		Liste los instrumentos básicos con las características más importantes, que se encuentran en la planta industrial	
F. LISTADO DE INSTRUMENTOS			

	NOMBRE DEL PROYECTO		No de control interno
	INGENIERIA CONCEPTUAL: RECOPIACION DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE		FECHA: d m a
	PLANTA: <input type="text"/>		formato: COB
			REV.0
ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO CON EL CLIENTE			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe a continuación las características dimensionales de la Planta Industrial Caso de Estudio.	
A. DIMENSIONES DE LA PLANTA			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe con detalle las principales necesidades consideradas en la Planta Industrial Caso de Estudio.	
B. NECESIDADES DE LA PLANTA			
Electricas			
Hidraulicas			
Mecanicas			
Neumaticas			
Otras			
Escriba si requiere o No alguno de los items anteriores o algun otro en particular.			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe la Capacidad de Produccion de la Planta Industrial Caso de Estudio.	
C. CAPACIDAD DE PRODUCCION			
Valor	Lts/dia		
Valor	ms/h		
Valor	barriles/dia		
Valor	Tn/mes		
Valor	Otras		
Expresar el Valor y la Unidad de la capacidad de produccion de la planta industrial.			
DESCRIPCION DEL ITEM		Define y describe el tipo o los tipos de Energia para la planta Caso de Estudio	
D. TIPOS DE ENERGIA UTILIZADA			
Hidraulica			
Eolica			
Solar			
Renovable			
Geotermica			
Convencional			
Nuclear			
Otras			
DESCRIPCION DEL ITEM		Describe las variables mas IMPORTANTES que intervienen en el proceso, si es posible separelas en Manipuladas y Controladas	
E. PRINCIPALES VARIABLES DEL PROCESO			
Temperatura			
Presion			
Flujo			
Nivel			
Concentracion			
Saturacion			
Otras			
DESCRIPCION DEL ITEM		Escriba los detalles y observaciones que considere importantes y que no se han tenido en cuenta en este formato, para la Planta Caso de Estudio	
F. OBSERVACIONES GENERALES			

	NOMBRE DEL PROYECTO	No de control interno
	INGENIERIA CONCEPTUAL: RECOPIACION DE REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	FECHA: d m a
	PLANTA: <input type="text"/>	formato: C04 REV.0
FORMATO PARA DIJUGENCIAMIENTO CON EL CLIENTE		
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe a continuacion las Normas Especificas para el proceso inherentes en la Planta Industrial Caso de Estudio.	
A. NORMAS ESPECIFICAS DEL PROCESO		
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe a continuacion las Normas de Seguridad Industrial para el proceso en la Planta Industrial Caso de Estudio.	
B. NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL		
Seg. Fisica y de Instal		
Prev. y lit de incendios		
Seg. cond. de vehiculos		
Espacios confinados		
Atmosferas peligrosas		
Otros		
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe las Normas Industriales que se relacionan con los procesos para la Planta Caso de Estudio.	
C. NORMAS INDUSTRIALES		
ISA		
ANSI		
API		
IEE		
Otras		
Escribe SI requiere alguna de las Normas anteriores o alguna otra en particular.		
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe las Normas Ambientales que se relacionan con los procesos industriales para la Planta Caso de Estudio.	
D. NORMAS AMBIENTALES		
Nombre las principales normas que se ven involucradas en el proceso y/o planta industrial		
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe las Normas Sociales que se relacionan con los procesos industriales para la Planta Caso de Estudio.	
D. NORMAS SOCIALES		
Nombre las principales normas que se ven involucradas en el proceso y/o planta industrial		
DESCRIPCION DEL ITEM	Escriba los detalles y observaciones que considere importantes y que no se han tenido en cuenta en este formato, para la Planta Caso de Estudio	
F. OBSERVACIONES GENERALES		

2.10 RESUMEN DEL CAPÍTULO 2

A continuación en la figura 2.6 se resumen las recomendaciones técnicas propuestas en la presente monografía para la ingeniería conceptual.

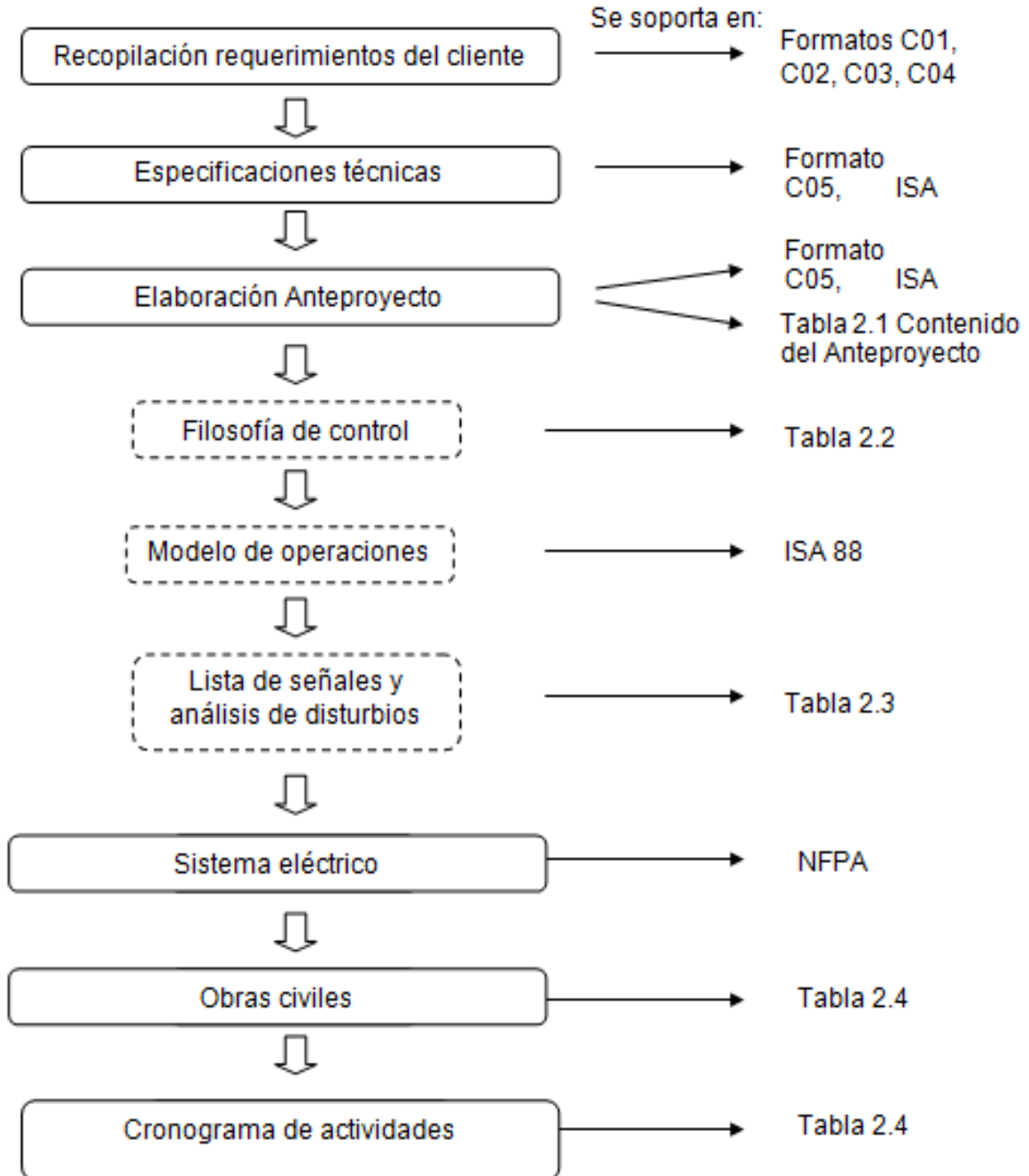


Figura 2.1 Resumen recomendaciones técnicas ingeniería conceptual

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 2

- [1]. Ambar Chile Automatización (2009). Disponible en línea en:
http://www.ambarchile.cl/productos_servicios.php. Consultado octubre de 2009
- [2]. *Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments ISA TR20.00.01 2001* Disponible en línea en:
<http://www.controlsforyou.com/images/PDF%20Files/ISA/ISA-TR20.00.01-2001.pdf>
- [3]. MORENO G. Carlos J. (2008) Que diferencias hay entre la ingeniería Conceptual, básica y de detalle. Publicación en Blog Spot. Publicación disponible en línea en:
<http://automatizacionymantenimiento.blogspot.com/2009/06/que-diferencias-hay-entre-ingenieria.html>. Consultado enero de 2010.
- [4]. Ingeniero Paulo Galindo. Entrevista personal realizada en marzo de 2010. Cargo: Encargado de la gestión de proyectos ECOPEPETROL
- [5]. Inprint. Página web oficial <http://www.inprint.cl/servicios.htm> [Citada 2010 02 5]. 2010
- [6]. Kamati LTDA. Pagina web oficial <Http://www.kamatilda.com/enfoques.htm> [Citada 2010 02 5]. 2010
- [7]. INGENIERÍA CONCEPTUAL FACILIDADES TEMPRANAS DE PRODUCCIÓN ECOPEPETROL (2005). Documento interno
- [8]. *Batch Control Part 1: Models and Terminology ANSI/ISA-88.01-1995*
- [9]. KRAJEWSKI Lee J., RITZMAN, Larry P. (2000) Administración de operaciones: estrategia y análisis, 5ª edición. Editorial Pearson Educación México
- [10]. MANUAL DE DISEÑO VOL 15 (2004). PREPARACIÓN DE DIAGRAMAS DE PROCESO documento interno Petróleos de Venezuela SA PDVSA.
- [11]. PLANOS DE DISEÑO ELÉCTRICO (GENERAL) (2004) documento interno Petróleos de Venezuela SA PDVSA
- [12]. *National Fire Protection Association*. Página web oficial www.nfpa.org. Visitada en (septiembre de 2010)
- [13]. DISEÑO DE TUBERÍAS PARA INSTRUMENTACIÓN E INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS. Documento interno de Petróleos de Venezuela SA PDVSA

[14]. CAPUZ R, Salvador. TORREALBA L, Álvaro (2000) Cuaderno de proyectos de ingeniería III. Dirección, gestión y organización de proyectos. Editorial U.P.V. Universidad Pontificia de Valencia

CAPÍTULO 3 RECOMENDACIONES TÉCNICAS: INGENIERÍA BÁSICA

La Ingeniería Básica es el siguiente paso en el proyecto de ingeniería y no es más que la profundización de todo lo relacionado a la ingeniería conceptual. Está considerada como la fase más creativa e importante de todas. Tiene por objeto definir las líneas básicas del proyecto, de manera que suministre al promotor la información necesaria para poder tomar la decisión de llevar adelante el proceso o detenerlo. Al final de esta fase se han adoptado la mayoría de decisiones críticas que van a afectar el desarrollo del proyecto.

La extensión y definición de la ingeniería básica es tal que el equipo de diseño pueda, a partir de ella, tomar todos los datos precisos para realizar el cálculo detallado de los componentes y partes del objeto proyectado y llevarlo a la práctica. Debe dar respuesta a todos los problemas planteados. Se realizan planteamientos tecnológicos y económicos, cualitativa y cuantitativamente, refinados y exactos, dejando márgenes estrechos de impresión o error [1].

A continuación, la tabla 3.1 enumera las actividades que se recomiendan desarrollar de manera secuencial en la etapa de ingeniería básica, se pueden agregar o reducir ítems dependiendo del proyecto [2] [3].

Tabla 3.1 actividades de la ingeniería básica.

CONTENIDO
1. Realizar los cálculos preliminares de cada sistema.
2. Dimensionar los equipos a utilizar en el proyecto.
3. Seleccionar el software y el hardware.
4. Realizar lista definitiva de equipos: PLC, AC Drives, sensores, válvulas, tubería, cable, fuentes de alimentación, motores y en general todo lo que hará parte del proyecto
5. Especificación técnica del sistema de control.
6. Elaborar Diagramas lógicos.
7. Elaborar Diagramas de flujo de proceso (<i>Process flow diagrams</i>).
8. Elaborar Planos de Distribución de planta.
9. Realizar el estudio para la selección de proveedores de equipos desde el punto de vista financiero y técnico.
10. Realizar el Balance de materias y energía.
11. Elaboración de los diagramas P&ID (<i>Piping and Instrumentation Diagram</i>).

12. revisión de planos de equipos en función de medidas para que cumpla con normas y estándares de seguridad industrial.
13. Diseñar un Protocolo de pruebas.
14. Diseñar Manual de operaciones preliminar del proceso.

La ingeniería básica se encarga de organizar los lineamientos de desarrollo del proyecto, es la etapa en donde se comienzan a crear las piezas del rompecabezas de este. Se definen y diseñan las características de los equipos, instrumentos, obras civiles, etc, que van a conformar la estructura de control y la planta, así como también los planos, diseños y documentos de soporte que ,además sentaran las bases de la ingeniería de detalle que va a ser objeto de estudio en el capítulo 4.

3.1 REALIZAR LOS CÁLCULOS PRELIMINARES DE CADA SISTEMA

Consiste en realizar los cálculos preliminares de cada sistema que harán parte del proyecto (mecánico, hidráulico, eléctrico, neumático, electrónico, etc.). Cálculos de fuerza, presión, cargas y tensiones eléctricas, potencia neumática, sistemas de transmisión y comunicación etc.

3.2 DIMENSIONAR LOS EQUIPOS A UTILIZAR EN EL PROYECTO

Este paso consiste en realizar un análisis racional de los equipos que en realidad se requieren en el proyecto, con el fin de dimensionarlos para tener una visión a futuro para posibles mejoras o cambios a la planta o proceso. Para realizar este dimensionamiento de equipos se recomienda tener en cuenta las características generales de la planta, las variables del proceso a ser manipuladas y controladas, así como también los disturbios presentes en el proceso y condiciones ambientales. Este dimensionamiento se puede realizar con base en la lista de “especificaciones técnicas” creada en la etapa de ingeniería conceptual formato C05.


El formato recomendada B01, adaptado de la ISA TR 20, es una herramienta que permite hacer un registro de los equipos con su respectivo dimensionamiento. La plantilla se puede encontrar en la sección 3.15.

3.3 SELECCIONAR EL HARDWARE Y EL SOFTWARE QUE HARÁ PARTE DEL PROYECTO

Una vez dimensionados los equipos para el proyecto se hace la selección tanto del software como del hardware que hará parte del proyecto. Se debe tener presente la compatibilidad entre equipos y sistemas, así como también la accesibilidad a estos y los recursos tanto humanos como técnicos para su instalación y programación.

3.4 REALIZAR LA LISTA DEFINITIVA DE EQUIPOS

Una lista definitiva de equipos e instrumentos debe recopilar todas las características que distinguen y cualifican los componentes del sistema de control y la planta, incluso el (los) fabricante(s). Se pueden clasificar los instrumentos según la norma ISA S5.1[4] como *Primarios, Secundarios, Auxiliares y Accesorios*, además, basarse en la ISA TR20.00.1 [5] para especificar, en caso de ser necesario los criterios de fabricación y las condiciones de diseño basadas en el proceso. Los equipos se pueden clasificar dependiendo de las características propias de la planta, ya que todas las plantas no utilizan el mismo tipo de equipos, por ejemplo en: Motores, fuentes de alimentación, cables, maquinaria etc. la Figura 3.1 es un ejemplo de una lista de instrumentos.

	INGENIERÍA CONCEPTUAL ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE SALVAGUARDAS DE HORNO DE LA GRB - UNIBON HIDROGENO LISTA DE INSTRUMENTOS	No. ECOPETROL GRB-PIN-209029-IC-GG-GG-002
		No. CIT DGG-XXXX-XX-X-XXX
	PLANTA UNIBON HIDROGENO HORNO H-2651	REV. 0
		24-JUL-09

TAG #	DESCRIPCION	Hacia o Desde	SERVICIO	P&ID	LINEA O EQUIPO	Tipo de Señal			COMENTARIOS
						Existente	Nuevo	Corte	
FE-26501	Pletina de Orificio	NA	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	NS	X		corfe
FT-26501	Transmisor de Flujo	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	AI	X		
FIC-26501	Indicacion de Flujo	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	S	X		
FAL-26501	Alarma de Bajo Flujo	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	S	X		
FV-26501	Válvula de Control	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	AO	X		
FY-26501	Válvula Solenoide	ESD	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	DO	X	X	
TE-26501	Termocupla	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	TC	X		
TI-26501	Indicador de Temperatura	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	S	X		
TAH-26501	Alarma de Alta Temperatura	DCS	Entrada Serpentin A	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	S	X		
FE-26502	Pletina de Orificio	NA	Entrada Serpentin B	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-003	NS	X		
FT-26502	Transmisor de Flujo	DCS	Entrada Serpentin B	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-003	AI	X		
FIC-26502	Indicacion de Flujo	DCS	Entrada Serpentin B	1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-003	S	X		

TAG #	DESCRIPCION	Hacia o Desde	SERVICIO
FE-26501	Pletina de Orificio	NA	Entrada Serpentin A
FT-26501	Transmisor de Flujo	DCS	Entrada Serpentin A
FIC-26501	Indicación de Flujo	DCS	Entrada Serpentin A
FAL-26501	Alarma de Bajo Flujo	DCS	Entrada Serpentin A

P&ID	LINEA O EQUIPO	Tipo de Señal			COMENTARIOS
		Existente	Nuevo	Corte	
1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	NS	X		corfe
1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	AI	X		
1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	S	X		
1201-03-AS-0020-02	8"-GAL-302-002	S	X		

Figura 3.1 Ejemplo de una lista de instrumentos. Fuente [6].

3.5 ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE CONTROL

Se realiza con base en la selección del sistema de control. Una vez este es elegido en la etapa de ingeniería conceptual, se realiza una especificación técnica haciendo énfasis en los puntos críticos. Nombrar todos los equipos que forman parte del o los sistemas de control y hacer una relación con sus principales fortalezas y debilidades.

3.6 ELABORAR DIAGRAMAS LÓGICOS

Los diagramas lógicos son los diagramas usados para diseñar y definir la parte “*on-off*” o secuencial de una planta de proceso continuo. La mayoría de los esquemas de control de procesos continuos incluyen control “*on-off*”. Los diagramas lógicos usan una serie de símbolos para indicar lo que está ocurriendo en un sistema on-off. Si bien hay muchas variaciones de los diagramas lógicos, hay mucha similitud entre ellos. La base de la información que se usa es ISA-5.2-1976-(R1992), Diagramas de Lógica Binaria para Operaciones de Proceso⁶ [7].

3.7 ELABORAR DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO PFD (*PROCESS FLOW DIAGRAMS*)

El PFD es usualmente el principal diagrama de ingeniería y el que se desarrolla más temprano en el desarrollo de un proyecto. Se usa para mantener todas las disciplinas de ingeniería informadas y activamente involucradas en el desarrollo del diseño. También se usa para asegurar la factibilidad, continuidad e integridad del proyecto. El propósito de poner la instrumentación en un PFD es documentar las principales variables controladas y manipuladas que afectan el diseño del proceso [8]. Para la elaboración de PFD se encuentra información relevante en el anexo 2., e información explícita en [7] aplicando la norma ISA S5.1.

⁶ ISA-5.2-1976-(R1992), *Binary Logic Diagrams for Process Operations*

3.8 ELABORAR PLANOS DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

Los planos de distribución de planta se realizan con el fin de representar la ubicación a escala de cada uno de los equipos, instrumentos, cuartos de control y maquinaria, que hacen parte de la planta o del proyecto. Este trabajo por lo general es realizado por otro grupo de ingenieros, y no por el ingeniero en automática. La distribución de planta debe cumplir tanto con los requerimientos del cliente, así como también con normativas ambientales y de diseño de los propios dispositivos. Por lo general el grupo de ingenieros que elaboran los planos de distribución de planta cuenta, entre otros, con ingenieros civiles, arquitectos, ya que son estos los que aportan el diseño físico [9].

3.9 REALIZAR EL ESTUDIO PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

La selección de proveedores se basa en la lista definitiva de equipos, porque esta tiene la base de información de lo que se necesita en la planta. Entre las empresas los procedimientos y criterios de selección de proveedores difieren. Por eso recomienda que exista un grupo interdisciplinario con conocimiento en compras y en el proceso de selección, para que realice el estudio pertinente. Además dentro del estudio de la selección de proveedores se debe tener en cuenta los tiempos y condiciones de entrega, ya que si estos no son los adecuados se pueden generar retrasos en el proyecto. Se sugiere seguir las pautas propias de la empresa que desarrolle el proyecto en cuanto a la selección de proveedores se refiere.

3.10 REALIZAR EL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

El balance de materia y energía se realiza según las características de la planta o proceso productivo. La importancia de realizar estos cálculos radica en que son los que sientan las bases de la selección de instrumentos, variables manipuladas, controladas, señales y en definitiva el diseño del proceso automatizado. El hecho de que aparezcan después de la lista definitiva de equipos no quiere decir que deba hacerse así, es decir se pueden hacer primero o en paralelo a la lista definitiva de instrumentos, dependiendo

lo complejo del proceso, de tal manera que estos cálculos permitan ir observando que tipos de instrumentos y con qué características se deben implementar en el proceso y verificar si en el mercado existen los dispositivos con dichas características.

3.11 ELABORAR LOS DIAGRAMAS P&ID (*PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM*)

No existe un estándar universal, nacional o internacional multidisciplinario que cubra el desarrollo y contenido de un P&ID. De todas formas, mucha de la información y uso de un P&ID se encuentra en la ISA 5.1 la cual es un documento flexible que define primordialmente la simbología de la instrumentación. Otra organización profesional, Practicas de Proceso en Industria (*Process Industry Practices*) PIP, ha desarrollado y publicado muchas recomendaciones prácticas, entre ellas para P&ID [6]. Para mayor información consultar anexo 2 y para información más relevante [6] y [4].

3.12 REVISIÓN DE PLANOS DE EQUIPOS

La revisión de planos es un proceso que, como su nombre lo indica, consiste en revisar los planos que han sido diseñados en la etapa de ingeniería básica y que sirven de soporte para la ingeniería de detalle. El objeto de la revisión radica en analizar que, conexiones, señales, y dispositivos estén dibujados correctamente y que encajen tanto con los requerimientos bajos los cuales fueron diseñados.

3.13 DISEÑO DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS

El protocolo de pruebas es un programa sistemático de verificación e inspección de equipos, montaje de equipos e instrumentos y/o procedimientos, que puede ser diseñado por los desarrolladores del proyecto, el cliente o por los dos en conjunto. Se recomienda realizarla de esta última forma ya que permite una mejor visualización de los puntos críticos de cada componente y la elaboración de las respectivas pruebas. Este protocolo debe ser realizado en la etapa de ingeniería básica ya que será aplicado posteriormente en las etapas de ingeniería detallada y ejecución para el control de la calidad de la

tecnología instalada y operación de los equipos, procesos o servicios, así como sus condiciones de seguridad y confiabilidad.


Una buena práctica consiste en que cada equipo tenga su propio protocolo de pruebas, identificado por etiqueta, pero en plantas donde se cuenta con un gran número de equipos e instrumentos de la misma familia también se pueden agrupar bajo un mismo protocolo de pruebas. Esto se hace con el fin de disminuir la cantidad de información redundante a la hora de realizar las pruebas. Mayor información de este tema se encuentra en el anexo 4 sección 4.1.


3.14 DISEÑAR EL MANUAL DE OPERACIONES PRELIMINAR DEL PROCESO


El manual de operaciones se debe realizar teniendo en cuenta las características de los equipos instalados y el proceso. Para el diseño del manual de operaciones se debe contar con la asesoría o participación del cliente, ya que los procesos no son todos iguales y cada cliente tiene unos requerimientos diferentes. En esta tarea también forman parte diseñadores gráficos, ya que se debe tener un conocimiento en cuanto a la forma de transmitir la información de cómo funciona el sistema de control del proceso o la planta. Mayor información de este tema se encuentra en el anexo 4 sección 4.2.

3.15 FORMATOS DE INGENIERÍA BÁSICA

Para la etapa de ingeniería básica se han diseñado tres (3) formatos con el fin de facilitar la recolección, organización y presentación de la información relevante en esta etapa. A continuación aparecen los formatos B01 de “dimensionamiento de equipos”, B02 de “dimensionamiento de transmisores” y B03 “dimensionamiento de PLC”

	NOMBRE DEL PROYECTO		No de control interno			
	INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS		FECHA: d m a			
	PLANTA: <input type="text"/>		formato:8001			
				REV.0		
ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO CON EL CLIENTE						
DESCRIPCION DEL ITEM						
Describe a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.						
A.DIMENSIONES DE LOS EQUIPOS	Max	min		Marca	DESCRIPCION DEL EQUIPO	OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO
VOLTAJE DE OPERACIÓN						
CORRIENTE DE OPERACIÓN						
TEMPERATURA DE OPERACIÓN						
TIPO DE CONEXIÓN						
ENTRADAS Y/O SALIDAS ANALOGICAS						
ENTRADAS Y/O SALIDAS DIGITALES						
MODULOS DE COMUNICACIÓN						
SOFTWARE UTILIZADO						
DESCRIPCION DEL ITEM						
B.RANGO DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS						
Indique en la casilla de la izquierda el rango de operación de los equipos y describa las características requeridas por los mismos						
TEMPERATURA						
PRESION						
FLUJO						
NIVEL						
CONCENTRACION						
OTROS						
DESCRIPCION DEL ITEM						
Describe la Capacidad de Producción de Los equipos requeridos para la Planta.						
C.CAPACIDAD DE PRODUCCION						
Valor	Lts/día					
Valor	ms/h					
Valor	barriles/día					
Valor	Tn/mes					
Valor	Otras					
Expresar el Valor y la Unidad de la capacidad de producción de los equipos.						
DESCRIPCION DEL ITEM						
Describe las condiciones de operabilidad de los equipos						
D.CONDICIONES DE OPERABILIDAD						
Ergonomía						
Intercambio de herramienta						
Disponibilidad de manejo						
Información Adecuada						
condiciones límite de operación						
OTRAS						
DESCRIPCION DEL ITEM						
Describe las condiciones de seguridad que requieren los equipos.						
E.CONDICIONES DE SEGURIDAD						
Paradas de Emergencia						
Protecciones pasivas						
Otras						
DESCRIPCION DEL ITEM						
Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones en la selección del o de los equipos con respecto al mantenimiento						
F.MANTENIMIENTO						
Uso de partes comerciales estandarizadas de fácil reposición (marcas preferidas, normalización)						
Ubicación de los componentes facilitando su acceso						
Sistemas de control abiertos, que faciliten interconexión y evolución posterior						
Uso de conexiones de fácil apertura y unión posterior						
OTRAS RECOMENDACIONES:						

		NOMBRE DEL PROYECTO				No de control interno	
		INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE TRANSMISORES				FECHA: d m a	
PLANTA: <input type="text"/>				formato: B002			
				REV.0			
ESPACIO PARA DIJUGENCIAMIENTO CON EL CLIENTE							
DESCRIPCION DEL ITEM Describe a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.							
A. TIPO DE PRODUCTO		OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO					
	LIQUIDO	GAS	VAPOR				
FLUIDO							
TEMPERATURA							
	°C	°F	OTRO				
DESCRIPCION DEL ITEM							
B. TIPO DE MEDICION		MANOMETRICA	ABSOLUTA	VACIO	DIFERENCIAL	OBSERVACIONES ESPECIALES	
RANGO DE MEDICION		MINIMO		BAR	mBar		
		NORMAL		mmH2O	inh2O		
		MAXIMO		PSI	otra		
DESCRIPCION DEL ITEM							
CONEXIÓN AL PROCESO		ROSCADA	FLANCHADA	OTRA		OBSERVACIONES ESPECIALES	
SAIDA		4-20mA	HART	PROFIBUS PA	FOUNDATION FIELDBUS	OTRA	
DESCRIPCION DEL ITEM Describe las condiciones de operabilidad de los equipos							
E. CONDICIONES DE OPERABILIDAD							
Ergonomia							
Intercambio de herramienta							
Disponibilidad de manejo							
Informacion Adecuada							
condiciones limite de operación							
OTRAS							
DESCRIPCION DEL ITEM Describe las condiciones de APROBACION que requieren los equipos.							
E. CONDICIONES DE APROBACION		AREA CLASIFICADA	CI	DIV	GRUPO		
PRESION							
ACCESORIOS		MOUNTING BRACKET	INDICADOR	MANIFOLD			
DESCRIPCION DEL ITEM Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones en la selección del o de los equipos con respecto al mantenimiento							
F. MANTENIMIENTO		Uso de partes omerotales estandarizadas de fácil reposición (marcas preferidas, normalización) Ubicación de los componentes facilitando su acceso Sistemas de control abiertos, que faciliten interconexión y evolución posterior Uso de conexiones de fácil apertura y unión posterior OTRAS RECOMENDACIONES:					

	NOMBRE DEL PROYECTO		No de control Interno
	INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS PLC		FECHA: d m a
	PLANTA : <input type="text"/>		formato:8005
			REV.0
ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO DEL ING. DE PROYECTOS			
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.			
A.DIMENSIONES DEL EQUIPO PLC			OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO
ESCRIBA LA MARCA Y FAMILIA DEL EQUIPO QUE DESEA UTILIZAR			
PANASONIC			
ALLEN BRADLEY			
HONEYWELL			
HITACHI			
OTROS			
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe a continuación las necesidades de operación del equipo o equipos seleccionados.			
B.NECESSIDADES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS		NECESIDADES FUTURAS DE EXPANSION	
		REQUISITO DE EDICION EN LINEA	
		COMUNICACIONES EN RED	
DESCRIPCION DEL ITEM			
Elija las herramientas y software de programación			
C.HERRAMIENTAS Y SW DE PROGRAMACION		SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE PROGRAM:	
		SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN:	
		SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SUPERVISION:	
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe la resolución de la pantalla			
D.RESOLUCION RANGO DE OPERACIÓN DE TEMPERATURA FUENTE DE VOLTAJE MAXIMA			
DESCRIPCION DEL ITEM			
Establezca los requerimientos de entradas y salidas del PLC			
E. SELECCIONE EL NUMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL DISPOSITIVO			
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe otros requerimientos importantes en la selección del dispositivo			
OTROS REQUERIMIENTOS			
NOTA: ESTE FORMATO SOLO PERMITE TENER UNA IDEA GLOBAL DE LA SELECCIÓN DE UN DISPOSITIVO INDUSTRIAL PLC, LA SELECCIÓN ESPECIFICA DEL DISPOSITIVO, SE HACE CON RESPECTO A LAS HOJAS DE DATOS DE CADA FAMILIA HECHA POR EL FABRICANTE.			

3.16 RESUMEN CAPÍTULO 3

La ingeniería básica en un proyecto de automatización a nivel de planta centra mucho de su aporte en la selección definitiva de equipos y elaboración de planos para modelar el proceso de la planta. La Figura 3.2 muestra el resumen del capítulo 3.

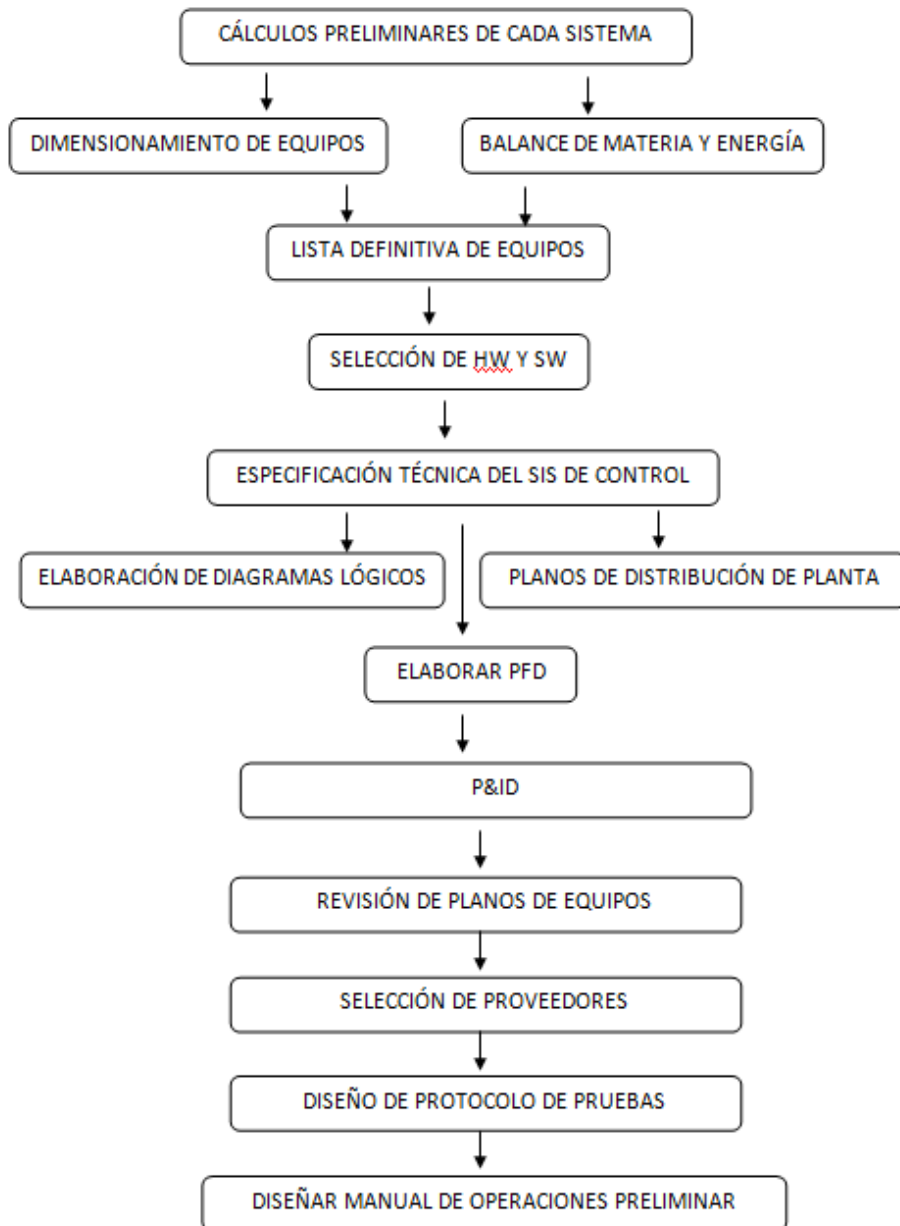


Figura 3.2 Resumen capítulo 3.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 3

- [1]. PLANOS DE DISEÑO ELÉCTRICO (GENERAL) documento interno PDVSA
- [2]. GÓMEZ. Eliseo, MARTÍNEZ. Senent, Cuadernos de Ingeniería de proyectos II. Del diseño de detalle a la realización. Consultado noviembre de 2009
- [3]. Artículo destacado de *Balper Ingeniería*. (2009) Artículo disponible en línea en:
http://www.balperin.com.mx/servicio_ingenieria_conceptual.shtml#resumen_1. Consultado junio de 2010
- [4]. Instrumentation Symbol Identification S5. (2001). Publicado por ISA. Disponible en línea en :
http://www.isa.org/Content/Microsites165/SP18,_Instrument_Signals_and_Alarms/Home163/ISA_Standards_for_Committee_Use/S_55.pdf
- [5]. *Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments/ISA TR20.00.01 2001* Disponible en línea en:
<http://www.controlsforyou.com/images/PDF%20Files/ISA/ISA-TR20.00.01-2001.pdf>
- [6]. INGENIERÍA CONCEPTUAL ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE SALVAGUARDAS DE HORNO DE LA GRB - UNIBON HIDROGENO LISTA DE INSTRUMENTOS. Documento interno de Empresa Colombiana de Petróleos ECOPELROL
- [7]. MEIER A, Frederic; MEIER A, Clifford (2004). *Instrumentation and Control System Documentation*. ISA
- [8]. Artículo destacado de *Davy Process Technology*. (2009) Artículo disponible en línea en: <http://www.davyprotech.com/default.aspx?cid=431>. Consultado junio de 2010 *Batch Control Part 1: Models and Terminology ANSI/ISA-88.01-1995*
- [9]. SANZ B, Amalia. Catala A, Joaquin (2004) *El Proceso Proyecto Construcción* editorial UPV. Universidad Politécnica de Valencia

CAPÍTULO 4 RECOMENDACIONES TÉCNICAS: INGENIERÍA DETALLADA

La ingeniería de detalle, está directamente relacionada con el diseño, montaje e instalación, es la implementación del proyecto y pruebas en sitio. Es la fase en la que quedan definidos perfectamente todos y cada uno de los subsistemas componentes y partes que conforman el proyecto, de tal manera que los documentos que los describen y desarrollan han de ser suficientes para llevarlo a la práctica (implementarlo) ya sea bajo la dirección de los mismos proyectistas o por otro equipo diferente. En esta fase se definen en forma detallada tanto el conjunto de todas las partes y componentes que formarán el objeto proyectado, así como todos aquellos elementos de unión entre componentes y partes. También se describen métodos de fabricación o detalles que garanticen la correcta construcción, montaje y mantenimiento del sistema proyectado. Esta fase siempre existe, siempre ha de considerarse, cualesquiera que sean las características del proyecto que se persigue [1].

Algunas tareas o procesos que hacen parte de la ingeniería de detalles son [2]:

- Revisar la ingeniería básica.
- Realizar los detalles de instalación (Típicos de Montaje.)
- Programar y parametrizar los dispositivos (PLC, AC drivers, etc.).
- Diseñar y configurar los HMI/SCADA

A continuación se enumeran las actividades que se recomiendan desarrollar de manera secuencial en la etapa de ingeniería detallada, se pueden agregar o reducir ítems dependiendo del proyecto.

4.1 REVISAR LA INGENIERÍA BÁSICA

La revisión de la ingeniería Básica consiste en analizar lo que se hizo en dicha etapa con el fin de encontrar posibles errores para poder corregirlos a tiempo. Esta revisión se hace con el grupo que trabajó en la ingeniería Básica y con el que va a desarrollar la ingeniería de detalle.

4.2 REALIZAR LOS DETALLES DE INSTALACIÓN (TÍPICOS DE MONTAJE)

Los detalles de instalación definen los requisitos para instalar correctamente una instrumentación y componentes de control. Estos detalles establecen requisitos para el soporte físico de un instrumento y lo conecta mecánicamente con el proceso. A diferencia de la representación esquemática del diagrama de lazo, los detalles de instalación se refieren a las necesidades reales de una instalación física, ya que pueden llegar hasta detallar las tuercas y los pernos necesarios.

No existe una norma ISA que defina los requisitos para los detalles de instalación, ni tampoco se encuentra una referencia a los detalles de instalación en el diccionario ISA. Sin embargo, eso no significa que hay una falta de información sobre la instalación de dispositivos de instrumentación y control. Bibliotecas de los detalles de instalación se han establecido y mantenido por los propietarios de planta, técnicos de mantenimiento, fabricantes de instrumentos, contratistas de ingeniería, contratistas de instalación de instrumentos e incluso por particulares. Por supuesto, las bibliotecas de todos difieren en detalles y nomenclatura. Además, la mayoría de los propietarios de los detalles de instalación están convencidos de que su juego le dará los mejores resultados cuando la utiliza. Aunque no existe una definición estándar para ver los detalles de instalación, muchos utilizan la siguiente recomendación: los detalles de instalación se utilizan en campo, por lo que un dibujo de 8 ½ por 11 " es el tamaño óptimo. Es fácil de transportar y de referenciar durante la instalación. Algunos detalles de instalación están diseñados en formato 11 "x 17", pero se reducen a un tamaño más pequeño para su manejo [3].

La Figura 4.1 muestra un detalle de instalación de un transmisor de flujo.

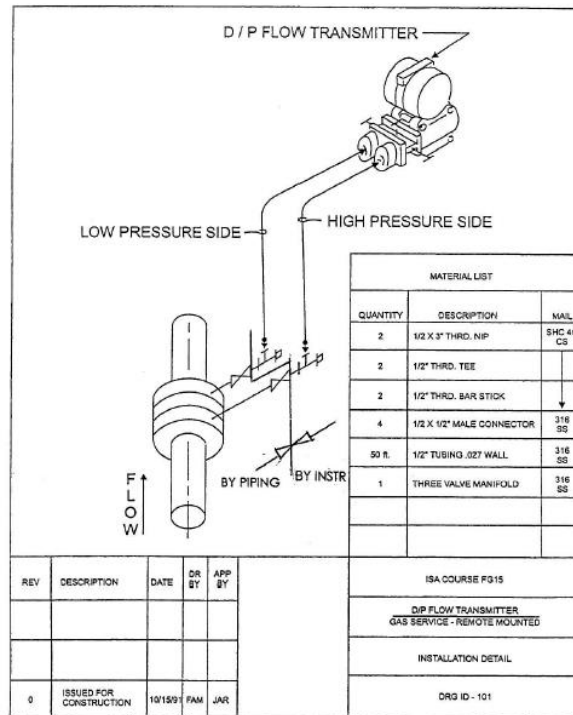


Figura 4.1: Detalle de instalación tipo1. Fuente [3].

Por lo general, los detalles de instalación por separado se utilizan para mostrar cómo se monta el dispositivo, cómo se conecta con el proceso y cómo se realiza la conexión eléctrica. Por lo tanto, un instrumento etiquetado requerirá más de un detalle para mostrar la instalación.

4.3 DESARROLLO DE DETALLE DE TRABAJOS (LISTADO DE TAREAS)

La ingeniería de detalle no solo se centra en montaje e instalación de los instrumentos, en esta etapa también se hace un **listado de tareas** que se realizan con el fin de llevar a cabo de manera ordenada un proyecto. El detalle de trabajo es simplemente una lista de tareas; el **alcance definitivo de trabajo** describe completamente las expectativas de servicio para cada línea y proporciona referencia a todas las normas y prácticas que puedan aplicarse [4].

El formato D001, disponible en la sección 4.6, ha sido diseñado para plasmar el listado de tareas y alcance definitivos de trabajos y permite describir de una manera rápida y eficiente cada uno de ellos.

4.4 PROGRAMAR Y PARAMETRIZAR LOS DISPOSITIVOS (INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL)

La actividad de integración de sistemas (SI) representa una categoría amplia que incluye la programación del software, comunicaciones de datos, y las cuestiones de operatividad. Por lo general el SI es hecho por personas ajenas al proceso, ya que existen diferentes marcas y proveedores de hardware y software que dificulta tener un conocimiento extenso sobre cada uno de ellos. La mayoría de las empresas de arquitectura software e ingeniería (A&E) no proporcionan esto como un servicio intrínseco, por lo que él SI no es considerado típicamente una actividad de ingeniería detallada. Si un cliente necesita este servicio para llevarse a cabo fuera de su propia organización, la firma A&E generalmente emplea un subcontratista o contrata a un tercero que se especializa en el SI. Como en la mayoría de los casos, hay excepciones a esta regla.


Se recomienda utilizar al personal debidamente capacitado para la realización de la integración de sistemas.

4.5 DISEÑAR Y CONFIGURAR LOS HMI/SCADA

Por lo general el personal que ha programado y parametrizado los dispositivos es también el encargado del diseño y configuración del HMI/ SCADA ya que hacen parte del mismo trabajo. En algunos casos los programadores de los dispositivos entregan la información necesaria al grupo de diseño para que con base en dicha información se realice el diseño del HMI y SCADA.

4.6 FORMATOS DE INGENIERÍA DE DETALLE

Para la etapa de ingeniería de detalle se ha diseñado el formato D01 con el fin de facilitar la recolección, organización y presentación de la información relevante en esta etapa. A continuación se muestra el formato D01 de “listado de tareas y actividades”.

	NOMBRE DEL PROYECTO		No de control interno			
	INGENIERIA DETALLADA: LISTADO DE TAREAS Y ACTIVIDADES		FECHA: d m a			
	PLANTA : <input type="text"/>		formato: D001			
	ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO DE LA PERSONA A CARGO		REV.0			
DESCRIPCION DEL ITEM						
A. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD						
	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION Y OBSERVACIONES			
GRADO DE PRIORIDAD DE LA ACTIVIDAD						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>			1	2	3	
1	2	3				
OTROS DATOS			RESPONSABLE:			
			CARGO:			
DESCRIPCION DEL ITEM						
B. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD						
	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION Y OBSERVACIONES			
GRADO DE PRIORIDAD DE LA ACTIVIDAD						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>			1	2	3	
1	2	3				
OTROS DATOS			RESPONSABLE:			
			CARGO:			
DESCRIPCION DEL ITEM						
C. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD						
	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION Y OBSERVACIONES			
GRADO DE PRIORIDAD DE LA ACTIVIDAD						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>			1	2	3	
1	2	3				
OTROS DATOS			RESPONSABLE:			
			CARGO:			
DESCRIPCION DEL ITEM						
D. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD						
	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION Y OBSERVACIONES			
GRADO DE PRIORIDAD DE LA ACTIVIDAD						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>			1	2	3	
1	2	3				
OTROS DATOS			RESPONSABLE:			
			CARGO:			
DESCRIPCION DEL ITEM						
E. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD						
	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION Y OBSERVACIONES			
GRADO DE PRIORIDAD DE LA ACTIVIDAD						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>			1	2	3	
1	2	3				
OTROS DATOS			RESPONSABLE:			
			CARGO:			
DESCRIPCION DEL ITEM						
F. NOMBRE DE LA ACTIVIDAD						
	OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCION DETALLADA DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO DE DURACION Y OBSERVACIONES			
GRADO DE PRIORIDAD DE LA ACTIVIDAD						
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> </table>			1	2	3	
1	2	3				
OTROS DATOS			RESPONSABLE:			
			CARGO:			

4.7 RESUMEN CAPÍTULO 4

Los pasos que se recomiendan desarrollar en la ingeniería de detalle parecen ser simples, pero es indispensable contar con la asesoría de personal con el conocimiento necesario con el fin de desarrollar correctamente esta etapa. La Figura 4.1 resume los pasos de la ingeniería de detalle.

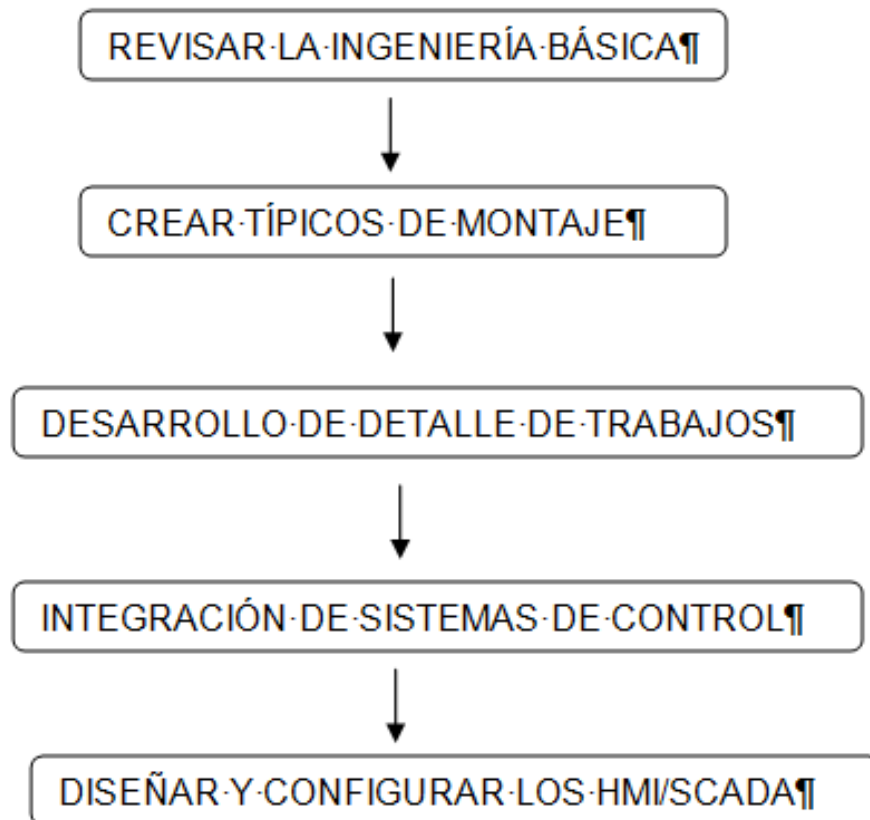


Figura 4.2 Resumen capítulo 4.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 4

- [1]. GÓMEZ S, Eliseo; GÓMEZ S, Domingo (1995). Cuadernos de Ingeniería de Proyectos I. Diseño básico (Anteproyecto de las Plantas Industriales). Departamento de Ingeniería de la Construcción. Área de proyectos de ingeniería. Pontificia Universidad de Valencia

- [2]. RUIZ P. María. (2009). Organización y Gestión del Proyecto. Contenido de Curso. Departamento de transportes y tecnología de proyectos y procesos. Universidad de Cantabria. Documento disponible en línea en: <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/organizacion-y-gestion-del-proyecto>. Consultado enero de 2010

- [3]. MEIER A, Frederic; MEIER A, Clifford (2004). *Instrumentation and Control system Documentation*. ISA

- [4]. WHITT, Michael D. (2004). *Successful Instrumentation and Control System design*. ISA

CAPÍTULO 5 RECOMENDACIONES TÉCNICAS: EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo de la etapa de ejecución en un proyecto de automatización se puede hacer de muchas formas. A continuación se dan unas recomendaciones desde el punto de vista de los autores del presente documento.

Una vez concluido el proceso de documentación, llega el momento de llevarlo a la práctica, poniendo en marcha el proyecto. Debido a que siempre existen factores no previsible, accidentes, o situaciones en las que se carece de información suficiente, el proyecto se desarrolla en un ambiente de incertidumbre, es decir sometido a riesgos. Si esto no fuera así, las desviaciones respecto a la documentación solo se producirían por error o negligencia del personal involucrado. Todo esto lleva a que la ejecución del proyecto se desvíe de las previsiones realizadas en el plan de trabajo.

El primer paso en la etapa de ejecución de un proyecto de automatización a nivel de planta es la documentación de dicha ejecución, este se conoce como planes del proyecto. Plan es el documento en que se plasman por escrito los resultados de los procesos de gestión (alcance, programación, asignación, análisis de costes, elaboración de acciones correctoras, etc.). Permite almacenar información, transmitirla a los interesados, servir de referencia con fines contractuales, etc. El plan debe mantenerse actualizado, mediante la incorporación de los cambios producidos tras las desviaciones, modificaciones y re planificaciones, garantizándose la consistencia e integridad de la información manejada. El proceso de planificación del proyecto tiene como fin la definición y preparación de todos los planes del mismo, de forma que sea posible alcanzar los objetivos fijados. Los planes más importantes del proyecto son [1]:

- Plan de trabajo (plan de tareas y plazos).
- Plan de recursos.
- Plan de control de cambios.
- Plan de seguimiento.
- Plan de pruebas.

Cada uno de estos planes tiene su objetivo específico, se recomienda asesorarse de personal capacitado para el desarrollo de estos. A continuación se hace una descripción de cada uno de ellos. Cabe destacar que no es necesario hacerlos de una manera secuencial, pero deben ser realizados teniendo en cuenta su dependencia con los demás. Los formatos que se recomiendan seguir para esta etapa del proyecto se muestran en la sección 5.6 del presente capítulo.

5.1 PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo se obtiene como fruto de los procesos de planificación y programación de las tareas y recursos y se utiliza fundamentalmente para el seguimiento y control del proyecto. Contiene todas las tareas que componen el proyecto, las fechas de comienzo y terminación de cada tarea, la secuencia de realización, los recursos asignados a cada tarea y los hitos a tener en cuenta. Además debe permitir establecer de forma sencilla la relación entre las tareas y los recursos que las realicen, y que soporte su representación con diferentes niveles de detalle.

5.2 PLAN DE RECURSOS

Básicamente contiene la misma información que el anterior, pero en lugar de elaborarse desde el punto de vista de las tareas, y considerar los recursos y costes asociados a las mismas, el sujeto activo del plan es cada uno de los recursos. El plan indica para cada recurso, el conjunto de tareas en las que interviene, la carga de trabajo exigida para cada uno de ellos, y el plan presupuestario necesario para financiar su uso y/o consumo. Por otra parte, el plan debe contener los tipos de recursos necesarios para desarrollar el proyecto, las características⁷ de cada uno de ellos, las fechas previstas en que van a ser necesarios, duración asignada, el coste unitario etc.

⁷ En el caso de recursos humanos aptitudes, conocimientos, habilidades, destrezas y funcionalidades, rendimientos y posibles proveedores para el caso de recursos materiales.

5.3 PLAN DE CONTROL DE CAMBIOS

Este plan contiene las modificaciones realizadas sobre el plan de trabajo original y sobre el plan inicial de recursos, así como las causas que justifican las mismas. El objetivo fundamental es garantizar la consistencia y coordinación entre las diferentes actividades y tareas, así como entre las diferentes entidades participantes del proyecto, es importante asegurar la adecuada actualización y comunicación de este plan a todos aquellos actores⁸, entidades y recursos afectados por el mismo.

5.4 PLAN DE SEGUIMIENTO

El plan de seguimiento es una herramienta para formalizar el proceso de seguimiento. Contiene una serie de puntos o hitos clave de verificación, en los que se debe verificar el progreso, cumplimiento de plazos, presupuesto y resultados del objeto del proyecto. Los hitos más importantes se corresponden con el cierre de una fase o etapa, o con reuniones del equipo del proyecto, en las que se evalúa su desarrollo. Así mismo el plan establece la elaboración de una serie de informes periódicos; también se prevé la comunicación bidireccional con el plan de control de cambios, con el fin de actualizar las previsiones y reflejar en aquel las acciones de control decididas tras el proceso de revisión.

5.5 PLAN DE PRUEBAS

Este plan contiene las pruebas, revisiones y ensayos a que va a ser sometido el proyecto tras concluir su desarrollo. Debe incluir los objetivos que se pretenden alcanzar con la realización de dichas pruebas, y los criterios utilizados para su evaluación. También contendrá los procedimientos para la preparación, la ejecución, el seguimiento de las pruebas y para la elaboración de los informes de resultados de las mismas [2].

Dentro de la etapa de ejecución de un proyecto de automatización existen una serie de etapas más pequeñas a cumplir y que están ligados con documentos técnicos y

⁸ Promotor usuario proyectista etc.

terminología con la cual se debe estar familiarizado. A continuación se nombran algunos de ellos [3]:

- **Precomisionamiento:** son las actividades que se llevan a cabo antes de realizar las pruebas de funcionamiento, las cuales certifican que se han ejecutado satisfactoriamente todos los chequeos, pruebas y calibraciones requeridas asegurando que los Sistemas están cumpliendo con los requerimientos especificados por el cliente (Pruebas en Frio)
- **Certificado de Aceptación (AC):** es un certificado emitido oficialmente por el grupo de Precomisionamiento asegurando que la terminación mecánica (completamiento mecánico) de un Sistema o una parte de él, ha finalizado y que los equipos están listos para las pruebas de funcionamiento.
- **Comisionamiento (Listo para puesta en Marcha):** esta etapa inicia con la aceptación del AC (Completamiento Mecánico) y comprende la realización de pruebas de funcionamiento y comunicaciones bajo condiciones simuladas, las pruebas PRE-Arranque y las pruebas operacionales ejemplo: simulación de lazos de control, prueba de los sistemas de disparo, corrida de motores, bombas, compresores, pruebas de fugas, secado y esterilización de líneas y equipos, etc.
- **Certificado de Entrega a Operaciones: (*Handover Certificate HC*)**”. es una certificación emitida oficialmente por el grupo de Comisionamiento delegado por el cliente, después de haber ejecutado las pruebas de Comisionamiento a satisfacción para la entrega de un sistema o parte de él a operaciones y transferir la responsabilidad al operador cliente para que proceda para el arranque.
- **Arranque (Puesta en marcha):** comprende la operación de introducción inicial de cargas a la planta, tanque o sistema, ajustando las condiciones para alcanzar los objetivos cuantitativos y cualitativos especificados por los diseños. Esta operación debe ceñirse estrictamente a las instrucciones del Manual de Operación de la planta y a los manuales de fabricantes de equipos especializados o Unidades Paquetes Esta parte de la ingeniería comprende la

parte relacionada con la información necesaria para poder ejecutar todo el montaje e instalación de todo lo relacionado con los instrumentos, el Sistema de Control y la unión entre ellos. Es decir, desde la captura de la variable de proceso a medir hasta su llegada al Sistema de Control, así como el poder llevar la salida del Sistema de Control hasta el elemento final. El objetivo es crear una serie de documentos para poder especificar, comprar, e instalar lo anteriormente indicado.

- **Red Line:** emisión formal de la revisión de un documento de ingeniería , reflejando las condiciones finales de la construcción y pruebas:

Amarillo: se utiliza para confirmar aquello que no sufrió cambio con respecto al plano original

Rojo: se utiliza para representar los cambios efectuados a la construcción con respecto al plano original.

Verde o Azul: se utiliza para representar las omisiones con respecto al plano o conceptos básicos originales (Acción de Eliminar)

- **Lista de pendientes:**

Categoría “A”: comprende los ítems que deben ser reparados, terminados o corregidos para que el sistema pueda ser operado de manera segura.

Categoría “B “: comprende ítems que pueden ser reparados, corregidos o terminados después de entregado el sistema

- **Terminación Mecánica (*Mechanical Completion*):** es la condición lograda cuando la planta o una parte definida de esta ha sido montada, inspeccionada y probada de acuerdo con las especificaciones del proyecto.


5.5.1 Protocolos de pruebas

Son una serie de pasos que se deben seguir en las diferentes pruebas que se efectúan a cada equipo o sistema automatizado, para determinar si el funcionamiento de este, está de acuerdo con las características de rendimiento y seguridad establecidas en el diseño y fabricación de estos. Los equipos o sistemas que no reúnen estas exigencias se consideran no aptos para la prestación del servicio. Las pruebas debe realizarlas el personal técnico capacitado en cada uno de los diferentes equipos [4].

5.5.2 Actividades en las pruebas y el mantenimiento

Las actividades que se recomiendan desarrollar, y los puntos a tener en cuenta, en la etapa de pruebas y mantenimiento, se listan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Actividades en las pruebas y el mantenimiento. Fuente adaptada de [4].

Actividades en las pruebas y el mantenimiento	
	Calibración
	Inspección
	Evaluación
	Apariencia
	Integridad
	Prueba de Aceptación
	Limpieza
	Lubricación
Manual de operaciones	
	se recomienda, por lo menos, cumplir los siguientes requisitos básicos o características
	El manual debe ser instructivo.
	El manual debe ser claro.
	El manual debe ser preciso.
	El manual debe ser ordenado.
	En qué consiste el equipo. Para qué sirve. Como funciona. Porque funciona Porque puede dejar de funcionar

Requisitos de los realizadores del manual.
Profesional o técnico especializado en el área.
Tener amplio conocimiento del equipo o sistema.
Experiencia, en la operación y mantenimiento del equipo

5.6 FORMATOS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS

Para la etapa de ejecución del proyecto se han diseñado cuatro (4) formatos con el fin de facilitar la recolección, organización y presentación de la información relevante en esta etapa. A continuación se muestran los formatos de “Clasificación de tareas”, “Plan de trabajo”, “Plan de recursos”, y “Plan de pruebas”.

PLAN DE TRABAJO/LISTA DE TAREAS
CLASIFICACIÓN DE TAREAS SEGÚN EL TIPO

#	CONSTRUCCIÓN "CO"	ELÉCTRICO "E"	TUBERÍAS "J"	SOPORTE DE INSTRUMENTOS "SI"	INSTALACIÓN "I"	PROGRAMACIÓN Y COMUNICACIÓN "PI"	CALIBRACIÓN "C"	PRUEBAS "P"
1								P
2								Y
3								R
4								E
5								C
6								O
7								M
8								I
9								S
10								I
								O
								N
								A
								M
								I
								E
								N
								T
								O

NOTAS

PLANTA

PLAN DE TRABAJO / LISTA DE TAREAS

ING ENCARGADO

CERTIFICADO AC

CERTIFICADO C.E.O

FIRMA ING

REV 0

FECHA

5.7 RESUMEN CAPÍTULO 5

La ejecución de un proyecto de automatización a nivel de planta no se rige bajo un estándar o modelo único. El presente capítulo aporta unas herramientas que pueden ser de ayuda en la etapa de ejecución, la secuencia de esta etapa se resumen en la Figura 5.1.

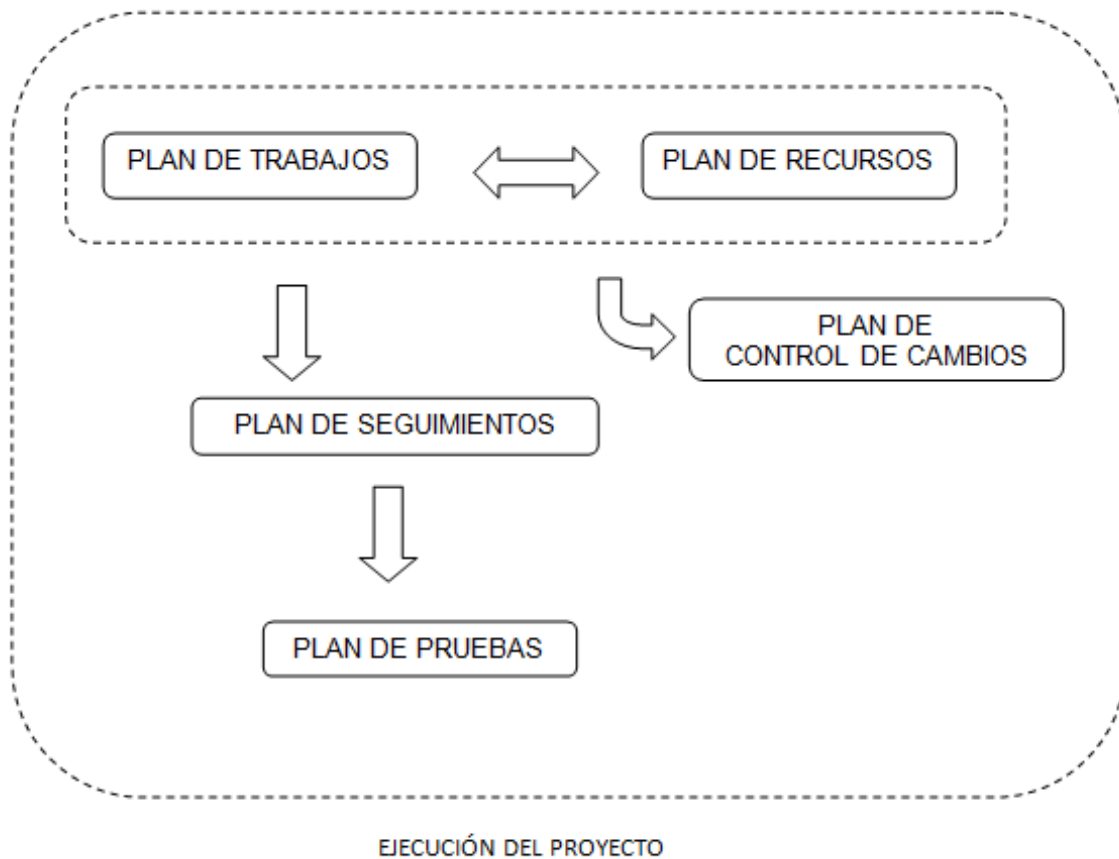


Figura 5.1 Resumen capítulo 5.

BIBLIOGRAFÍA CAPÍTULO 5

- [1]. CAPUZ R, Salvador. TORREALBA L, Álvaro. (2000) Cuaderno de proyecto de ingeniería III. Dirección, gestión y organización de proyectos. Editorial U.P.V. Universidad politécnica de Valencia
- [2]. Procedimiento de Precomisionamiento para proyectos de infraestructura (completamiento mecánico) (2007) documento interno de ECOPETROL
- [3]. Conceptos básicos de integridad técnica. Documento interno de Empresa Colombiana de Petróleos ECOPETROL
- [4]. CANCELADO Javier. líder aseguramiento gestión de proyectos. Documento "Aseguramiento Técnico. AT" Presentación de curso de inducción. Documento interno de Empresa Colombiana de Petróleos ECOPETROL. Líder aseguramiento gestión de proyectos

]

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de grado se han creado una serie de recomendaciones técnicas orientadas a mejorar el desarrollo de los proyectos de automatización industrial a nivel de planta, dividiendo el proyecto en cuatro (4) etapas fundamentales; ingeniería conceptual, Ingeniería básica, ingeniería detallada o de detalle y ejecución.

Para la etapa de ingeniería conceptual se diseñaron seis (6) formatos que facilitan, entre otras cosas, hacer constancia y recopilar información de las reuniones con el cliente, así como también identificar y clasificar las principales características del proyecto a ejecutar, estos formatos son C01 de “reunión con el cliente”, C02,C03, C04 de “recopilación de requerimientos”, C05 de “lista preliminar de equipos” y C06 de “lista preliminar de señales”. La creación de estos formatos se baso en información bibliografía y también en entrevistas con personas que trabajan en importantes empresas que desarrollan proyectos de automatización. En esta etapa, la presente recomendación también presenta una serie de plantillas que se encargan de agilizar el proceso de identificación, estudio y selección de las alternativas que pueden darle vía al proyecto, todo esto realizado con un enfoque industrial basado en las normas y empresas dedicadas al área.

En cuanto a la etapa de ingeniería básica se dejan tres (3) formatos útiles en lo relacionado con dimensionamiento de equipos y transmisores. El aporte en esta etapa se orienta hacia la organización y entrega de los diseños básicos con que debe contar un proyecto.

La ingeniería detallada se ilustra con una serie de pasos y recomendaciones orientadas hacia el diseño, montaje e instalación, y la implementación del proyecto, así como también pruebas en sitio. El formato D01 “lista definitiva de equipos”, recoge las características relevantes de los equipos e instrumentos que van a integrarse en el proyecto. De igual manera, en la ingeniería de detalle se hace hincapié en la forma de organizar y presentar los típicos de montaje, cableado y demás planos indispensables en

esta etapa en cualquier proyecto de automatización a nivel de planta, basados en los estándares de ISA.

La etapa de ejecución en un proyecto de automatización difiere en muchas formas, pero se logró identificar las características básicas, e hitos, que deben estar presentes en esta etapa, y crear unos formatos, que permiten visualizar el progreso de la ejecución del proyecto, pero que también otorgan organización a las tareas y recursos.

6.2 RECOMENDACIONES

Se considera que el trabajo de grado realizado en la presente monografía no es una camisa de fuerza en cuanto a la forma de documentar y ejecutar un proyecto de automatización, sino que se debe considerar como una primera aproximación a la meta de contar en el PIAI con un documento que oriente tanto a docentes como estudiantes en las etapas de un PA, pero que, a diferencia de esta recomendación, involucre el resto de información que se queda por fuera del presente trabajo, ya que este se limitó a las normas ISA. Aparte se encuentran organizaciones como PMI e IEEE, y empresas tanto nacionales como extranjeras que hacen esfuerzos para mejorar los métodos y estándares relacionados con la documentación y ejecución de proyectos

Por otra parte se recomienda que el presente trabajo de grado sea tenido en cuenta en las asignaturas de “proyecto de automatización” e “instrumentación industrial” del programa de ingeniería en automática de la FIET, ya que brinda información importante relacionada con estas dos áreas del conocimiento. También se recomienda su aplicación en futuros proyectos de automatización a nivel de campo, permitiendo que los usuarios ganen tiempo en las etapas de ingeniería conceptual, básica, detalle y ejecución al tener un esquema de desarrollo definido y eficiente que les permita tener una orientación correcta del proyecto evitando las desviaciones a causa de malos diseños o de requerimientos “pobremente” establecidos.

En cuanto a los anexos de este documento, se resalta que en la monografía han sido referenciados aquellos relacionados a la recomendación técnica, se sugiere considerar: los siguientes anexos con el fin de ampliar el documento: anexo 5 relacionado a

“Aplicación de la recomendación al caso de estudio”, anexo 6 “Guías de laboratorio”, anexo 7 “Guía de servicio de la planta golpe de ariete”.