

**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**

**ANEXOS**



**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

	Página
ANEXO 1 INGENIERÍA CONCEPTUAL	3
1.1 Recopilación de requerimientos del cliente	4
1.2 Especificaciones técnicas	10
1.3 Planteamiento y selección de la solución	13
1.4 Estudio de viabilidad	14
1.5 Recomendaciones técnicas	16
1.6 Documentación de instrumentación y control	20
1.7 Sistemas instrumentados de seguridad	25
1.8 Sistema eléctrico	30
1.9 Obras civiles y documentos de construcción	35
1.10 Cronograma de actividades	37
ANEXO 2 INGENIERÍA BÁSICA	48
2.1 Dibujos, bloques de título y revisiones	49
2.2 Diagramas de tamaños no estándar	50
2.3 Tablas de referencia	56
ANEXO 3 INGENIERÍA DETALLADA	57
3.1 Detalles de instalación de instrumentos	58
3.2 Dibujos por categoría de instrumentos	59
3.3 Paneles de control	60
3.4 Localización de instrumentos	64
ANEXO 4 EJECUCIÓN	66
4.1 Protocolos de pruebas y mantenimiento	67
ANEXO 5 APLICACIÓN DE LA RECOMENDACIÓN AL CASO DE ESTUDIO	69
ANEXO 6 GUÍA DE LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL	140
ANEXO 7 GUÍA DE LABORATORIO DE INGENIERÍA AUTOMÁTICA	162
ANEXO 8 GUÍA DE SERVICIO PLANTA GACHE	216
BIBLIOGRAFÍA	251

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Capas de protección en instalaciones de proceso. Fuente [7]	26
Figura 2: Sistemas Instrumentados de Seguridad. Fuente [7]	27
Figura 3: Sistemas Fuego-Gas. Fuente [7]	27
Figura 4: Capas de protección instrumentadas en el control de una variable de proceso	28
Figura 5: Indices SIL ( <i>Safety Integrity Level</i> ). Fuente [8]	28
Figura 6: Ejemplo de diagrama de una línea ( <i>one-line drawings</i> ). Fuente [12]	32
Figura 7: Diagrama típico de instalación Fuente [12]	33
Figura 8. Diagrama de puesta a tierra Fuente [12]	34
Figura 9: Bloque de título típico.[14]	53
Figura 10: Notas y nubes de revisión. Fuente [12]	56
Figura 11: Detalle de instalación múltiple. Fuente [12]	59
Figura 12: Dimensiones del cuerpo humano. Fuente [12]	31
Figura 13: Plano de piso Fuente [12]	63
Figura 14: Elevación frontal del panel. Fuente [12]	64
Figura 15: Dibujo de localización. Fuente [12]	65

## LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1: lista de diagramas de diseño eléctrico. Fuente: [12].	31
Tabla 2 Tamaños de documentos ANSI para Dibujos de Ingeniería Fuente [15]	49
Tabla 3 Tamaños de documentos europeos Fuente [15]	51
Tabla 4: Dimensiones del cuerpo humano Fuede [12]	62

# ***ANEXO 1: INGENIERÍA CONCEPTUAL***

## **1.1 Recopilación De Requerimientos Del Cliente [1]**

Constituye la definición inicial de qué se desea obtener con el plan de automatización y, por tanto, el documento resultante es una materialización razonada y coherente de los deseos del cliente al respecto. No debe ser de larga duración ni costosa, pero es fundamental para que el resto de fases, si tienen lugar, estén orientadas en el sentido que maximiza la probabilidad de éxito.

Se puede utilizar cualquier medio posible para recopilar los requerimientos del cliente del sistema, planta o equipo. Este anexo abarca cuatro de los métodos interactivos clave para recopilar información que se pueden utilizar: entrevistas, cuestionarios, observación/visita y muestreo.

### **1.1.1 Entrevistas [2]**

Se utilizan para recabar información en forma verbal, a través de preguntas que propone el analista<sup>1</sup> del proyecto. Quienes responden pueden ser gerentes o empleados de la empresa, los cuales son o serán usuarios actuales del sistema o conocen suficientemente el proceso productivo, etapa u operaciones que se desean adecuar, existen usuarios potenciales del sistema propuesto o aquellos que proporcionarían datos o serán afectadas por la aplicación propuesta. El analista puede entrevistar al personal en forma individual o en grupos. La entrevista es una forma de conversación, no interrogación! al analizar las características de los sistemas con personal seleccionado cuidadosamente por sus conocimientos sobre el sistema, los analistas pueden conocer los datos que no están disponibles en ninguna otra forma. La entrevista es un método utilizado por los analistas de sistemas para recopilar datos sobre los requerimientos técnicos, los analistas escuchan metas, sentimientos, opiniones y procedimientos informales. También venden el sistema durante las entrevistas. Las entrevistas son un dialogo de preguntas y respuestas entre dos personas, planeado de antemano. El analista se vale de la entrevista para desarrollar su relación con un cliente, observar el lugar de trabajo y así recopilar datos relacionados con los requerimientos técnicos. Aunque el correo electrónico puede usarse para preparar al entrevistado planteándole preguntas previas a una reunión, por lo general las entrevistas deben realizarse de modo personal.

Existe gente incapaz de expresarse por escrito; por esto se puede discutir sus ideas en forma verbal. Como resultado de esto las entrevistas pueden descubrir rápidamente malos entendidos, falsas expectativas o incluso resistencia potencial para las aplicaciones en

---

<sup>1</sup> Persona(s) encargada(s) por la dirección del proyecto para realizar la entrevista, por lo general es el director del proyecto.

desarrollo; por ello es más frecuente calendarizar una entrevista con los gerentes de alto nivel, que pedirles que llenen cuestionarios. Es por eso que se debe determinar el tipo de entrevista.

### **Determinación del tipo de entrevista**

La estructura de las entrevistas varía. Si el objetivo de la entrevista radica en adquirir información general, es conveniente elaborar una serie de preguntas sin estructura, con una sección de preguntas y respuestas libres. La atmósfera abierta y de fácil flujo de esta modalidad proporciona una mayor oportunidad para conocer las actitudes e ideas de quien responde. Sin embargo, cuando los analistas necesitan adquirir datos más específicos sobre la aplicación o desean asegurar una alta confiabilidad en las respuestas a las preguntas que han propuesto a sus entrevistados, las entrevistas estructuradas son mejores.

#### **1.1.2 Cuestionario**

Los cuestionarios proporcionan una alternativa muy útil para las entrevistas; sin embargo, existen ciertas características que pueden ser apropiadas en algunas situaciones e inapropiadas en otras.

### **Recabación de datos mediante cuestionarios**

Para los analistas los cuestionarios pueden ser la única forma posible de relacionarse con un gran número de personas para conocer varios aspectos de la planta, sistema o proceso. Cuando se llevan a cabo largos estudios en varios departamentos, se puede distribuir los cuestionarios a todas las personas apropiadas para recabar hechos con relación al sistema. Por supuesto, no es posible observar las expresiones o relaciones de quienes responden a los cuestionarios.

También las preguntas estandarizadas pueden proporcionar datos más confiables. Por otra parte, las características anteriores también son desventajas de los cuestionarios. Aunque su aplicación puede realizarse con un mayor número de individuos, es muy rara una respuesta total. Puede necesitarse algún seguimiento de los cuestionarios para motivar al personal que responda

## **Selección de formas para cuestionarios**

El desarrollo y distribución de los cuestionarios es caro; por lo tanto, el tiempo invertido en esto debe utilizarse en una forma inteligente. También es importante el formato y contenido de las preguntas en la recopilación de hechos significativos.

Existen dos formas de cuestionarios para recabar datos; cuestionarios abiertos y cerrados, y se aplican dependiendo de si los analistas conocen de antemano todas las posibles respuestas de las preguntas y pueden incluirlos. Con frecuencia se utilizan ambas formas en los estudios de sistemas.

### **Cuestionarios abiertos**

Se aplican cuando se quieren conocer los sentimientos, opiniones y experiencias generales; también son útiles al explorar el problema básico.

### **Cuestionarios cerrados**

El cuestionario cerrado limita las respuestas posibles del interrogado. Por medio de un cuidadoso estilo en la pregunta, el analista puede controlar el marco de referencia. Este formato es el mejor método para obtener información sobre los hechos. También fuerza a los individuos para que tomen una posición y forma de opinión sobre los aspectos importantes.

## **Etapas en el desarrollo de un cuestionario**

Los cuestionarios bien hechos no se desarrollan rápidamente, llevan tiempo y mucho trabajo. La primera consideración se encuentra en determinar el objetivo del cuestionario. ¿Qué datos quiere conocer el analista a través de su uso? El analista define como utilizar los cuestionarios a fin de obtener los hechos al considerar la estructura más útil para el estudio y la más sencilla de entender por parte de los interrogados. Lleva tiempo desarrollar preguntas bien elaboradas y deben siempre probarse y modificarse, si es necesario, antes de que imprima una forma final y se distribuya.

### **1.1.3 Observación**

Observar las operaciones le proporciona al analista hechos que no podría obtener de otra forma.

## **Recopilación de datos mediante la observación**

Leer en relación con una actividad del negocio le proporciona al analista una dimensión de las actividades del sistema. Entrevistar personal, ya sea directamente o a través de cuestionarios, también le ayuda y le dice algo más.

La observación proporciona información de primera mano en relación con la forma en que se llevan a cabo las actividades. Las preguntas sobre el uso de documentos, la manera en la que se realizan las tareas y si ocurren los pasos específicos como se pre-establecieron, pueden contestarse rápidamente si se observan las operaciones.

### **Cuando observar**

La observación es muy útil cuando el analista necesita ver de primera mano cómo se manejan los documentos, como se llevan a cabo los procesos y si ocurren los pasos especificados. Saber que buscar y como guiar su significado, también requiere de experiencia. Los observadores con experiencia captan quien utiliza los documentos y quien realiza las operaciones así encuentran dificultades.

#### **1.1.4 Muestreo**

Con frecuencia, en muchas empresas la información ya se encuentra disponible para que el analista conozca las actividades u operaciones con las cuales no está familiarizado. Muchos tipos de registros e informes son accesibles si el analista sabe dónde buscar. En la revisión de registros, los analistas examinan datos y descripciones que ya están escritos o registrados y en relación con el sistema y los departamentos de usuarios. Esta forma de encontrar datos puede servir como presentación del analista, si se realiza al iniciar el estudio, o como un término de comparación de lo que sucede en el departamento con lo que los registros presentan como lo que debería suceder.

### **Recopilación de datos por medio de la inspección de registros.**

El término "registro" se refiere a los documentos escritos sobre políticas, regulaciones y procedimientos de operaciones estándar que la mayoría de las empresas mantienen como guía para gerentes y empleados. Estos documentan o describen las operaciones para los procesos de datos existentes, o sistemas de información que entran dentro del área de investigación, también proporcionan una visión sobre la forma en la que el negocio debería conducirse. Normalmente muestran los requerimientos y restricciones del sistema (como cantidad de transacciones o capacidad de almacenamiento de datos) y características de diseño (controles y verificación del procesamiento).



Los registros permiten que los analistas se familiaricen con algunas operaciones, oficinas de la compañía y relaciones formales a las que debe darse apoyo. No obstante, no muestran como producen de hecho las actividades, donde se ubica el poder verdadero para las decisiones, o como se realizan las tareas en la actualidad. Los otros métodos con objeto de encontrar datos estudiados en esta sección son más eficaces para proporcionar al analista este tipo de información.

### **Selección de los registros para revisión**

En la mayor parte de las empresas los manuales de estándares sobre procedimientos de operación usualmente son obsoletos; a menudo, no se mantienen al corriente para señalar los procedimientos existentes. Los diagramas de organización muestran como las diferentes unidades deberían relacionarse con otras; pero muchas no reflejan las operaciones actuales.

Lo anterior hace referencia a los métodos para recopilar la información del cliente. Se recomienda realizar una entrevista con el cliente preferiblemente en el sitio donde se va a realizar el proyecto con el fin de visualizar el marco conceptual del mismo y además al final realizar un documento que resuma las conclusiones a las cuales se llegó.

A continuación se nombran, entre otros, los principales ítems que se recomienda se deben tener en cuenta a la hora de solicitar o recibir los requerimientos del cliente en un proyecto de automatización a nivel de planta y la explicación de cada uno de ellos.

#### **1.1.5 Lista de características generales de la planta y presupuesto de inversión**

En esta etapa del proceso es necesario que tanto el cliente como el desarrollador del proyecto elaboren, en conjunto o de manera independiente, una descripción breve de lo que se requiere en la planta, proceso, maquinaria o equipo, preferiblemente de forma escrita, así como un presupuesto de inversión por parte del cliente. En caso de que no saber a ciencia cierta que se requiere, el cliente o desarrollador del proyecto puede basarse en alguna de las herramientas nombradas anteriormente o utilizar la que crea más conveniente para recolectar la información del proceso<sup>2</sup>

### **Tamaño de la planta industrial**

Se recomienda definir el tamaño de la planta de producción, la capacidad de producción o procesamiento del modulo o equipo. Por lo general estas cantidades están dadas en: piezas/día, metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h), litros por segundo (L/s) etc. en caso de contar

---

<sup>2</sup> Hace referencia tanto a proceso productivo como administrativo

con varios equipos se recomienda hacer una descripción independiente de cada equipo o modulo.

### **Normas de seguridad requeridas por el cliente**

Las normas de seguridad se nombran a modo de listado, tanto las normas industriales como ambientales que se deban tener en cuenta en el desarrollo del proyecto y que estén definidas por el cliente, si se tiene conocimiento del nivel de seguridad intrínseca SIL también se nombra y sus correspondientes normas de seguridad.

### **Pliego de prescripciones técnicas particulares**

El pliego de prescripciones técnicas particulares es un documento donde se resaltan las particularidades del cliente, es decir si este, prefiere trabajar con un fabricante en específico o contar con instrumentación o herramienta de una marca de confianza o en casos más específicos, recomendación de características de personal o el nombre de una compañía contratista.

### **Normas de seguridad requeridas por el gobierno**

Las normas de seguridad se nombran a modo de listado, tanto normas industriales como medioambientales con la cuales se debe contar en todo el desarrollo del proyecto y que estén definidas y sean exigidas por el gobierno local.

### **Localización de la planta y su justificación**

Este ítem lleva la información detallada de la localización geográfica de la planta si es necesaria. Coordenadas GPS, dirección, altitud, clima, discriminación de alrededores etc. son algunos de los argumentos.

### **Planos de la planta (si existen o existencia de una planta piloto o similar)**

En caso de existir y ser necesarios se deben adjuntar los planos con que cuanta el proyecto ya sea en formato digital o impresos, ya que en algunos casos las empresas manejan una arquitectura similar en sus plantas<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Llámese plantas a tanto plantas físicas como equipo y maquinaria.

### **Distribución de la planta (necesidades de: espacio, acceso, seguridad, medio ambiente etc.)**

En este ítem se especifican las necesidades de espacio de la planta, acceso, seguridad, medioambientales, pisos, corredores, en fin todo lo relacionado con la estructura de la planta.

### **Definición del tamaño y alcances del proyecto**

Es de vital importancia definir el tamaño y alcances del proyecto, unificando los requerimientos del cliente y la capacidad del desarrollador del proyecto. Para ello se hace un documento final donde se especifiquen textual y puntualmente los alcances y tamaño del proceso. Para evitar, en lo posible hacer modificaciones al plan de trabajo.

### **Programación y realización de una reunión con el cliente en el sitio para evaluar requerimientos**

Por último se programa y se realiza una reunión con el cliente para evaluar el documento final de requerimientos, preferiblemente en el sitio donde se va a llevar al cabo el proyecto.

## **1.2 Especificaciones Técnicas**

Para recibir o solicitar dispositivos con unas especificaciones técnicas se recomienda usar el estándar de la sociedad internacional para automatización ISA denominado: FORMATOS DE ESPECIFICACIÓN PARA INSTRUMENTOS DE CONTROL Y MEDICIÓN DE PROCESOS: NORMA ISA TR20.00.01 2001 (*Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments*) [3].

La ejecución de formatos de especificación de instrumentos es un segmento importante del diseño completo, compra, y fabricación de instrumentos de medición y control. Este informe técnico proporciona partes de forma separadas para parámetros de operación, especificaciones de dispositivo, y requerimientos generales. Aplica a todos los procesos de desarrollo y uso de formas de especificación de ISA para instrumentos de control y medición de proceso. Este proporciona el listado de las formas, la clasificación de los dispositivos, y las formas aprobadas.

Las otras partes de la serie son las siguientes:

ISA *Draft* 20.00.02 Parte 2: instrucciones para uso de formas de especificación  
(*Instructions for Using Specification Forms*)

ISA–20.00.03–2001 Parte 3: Exigencias de forma y pautas de desarrollo (*Form  
Requirements and Development Guidelines*)

ISA *Draft* TR20.00.04 Parte 4: Diccionario de Datos (*Data Dictionary*)

Los formatos de especificación de ISA aprobadas para muchos dispositivos son desarrollados para seguir las pautas de ISA-20.00.03-2001 y han sido examinadas por usuarios y fabricantes. Estas formas son adecuadas para la mayor parte de aplicaciones y pueden ser proporcionadas por ISA. La definición de formas de especificación y un diccionario de datos permite el intercambio de datos electrónico entre usuarios y fabricantes.

El propósito de los formatos de especificación de ISA es:

- Asistir en la preparación de una especificación completa listando y proporcionando espacio para todos los principales atributos descriptivos.
- Facilitar cotizaciones, ofrecer revisiones, compra, recepción, calibración, inspección, diseño de tubería, diseño de la auditoría, la contabilidad, y ordenes de procedimientos a través del despliegue uniforme de la información.
- Mejorar la eficacia de actividades de instrumentación, desde el concepto inicial hasta la puesta en servicio final, así como cualquier revisión subsecuente.
- Proporcionar definiciones de datos y estándares adecuados para el intercambio electrónico de información.

El formato TR20 de ISA, detalla la declaración de parámetros o propiedades que describen la base de diseño, construcción, materiales, y desempeño para un instrumento dado. Estas formas pueden ser usadas para los siguientes niveles de especificación de dispositivos.

- **Documentación de parámetros de operación**

La documentación de los parámetros de operación se puede completar y respaldar independientemente de la selección del dispositivo hardware y especificación preliminar a través del uso de una página de forma separada.

- **Peticiones y cotizaciones preliminares**  
Para una cotización y peticiones preliminares, el cliente y el vendedor pueden convenir en un nivel mínimo de la información. En este caso, el cliente puede marcar con un asterisco (\*) en la columna de revisión de los Parámetros de Operaciones o la forma Especificación de Dispositivo, cualquier línea que al receptor del formato de especificación se le solicita completar.
- **Especificaciones tradicionales**  
Es la documentación de parámetros de operación requerida para el análisis de selección o dimensionamiento, y la identificación de las propiedades del instrumento que son pertinentes al desarrollo de un número de modelo del fabricante (serial), deben ser los datos mínimos proporcionados en formas de especificación usadas para comprar instrumentos.
- **Especificaciones de conformidad**  
Una especificación completa idealmente debería incluir toda la información relevante sobre el dispositivo principal y dispositivos secundarios asociados que ha sido agregado por el comprador y proveedor. En este caso, la forma de especificación totalmente completada puede ser usada para la documentación final de las especificaciones de instrumento.

Las formas de especificación de ISA generalmente consisten de tres formas para la organización de la información, como sigue:

- Las formas de Parámetros de Operaciones son desarrolladas para documentar la aplicación de proceso y condiciones de diseño para la comunicación de quien especifica y fabrica el instrumento
- Las formas de Especificación de dispositivo son desarrolladas para proporcionar la información del tamaño inicial y seleccionar un dispositivo principal y la información para identificar los requerimientos para dispositivos adjuntos y directamente asociados.
- Las formas de Exigencias generales o Especiales son desarrolladas para proporcionar medios para el cliente para identificar exigencias generales o especiales que son aplicables al dispositivo, pero necesitan el espacio adicional además disponible en los otros dos tipos de formas.

Además de lo anteriormente nombrado el estándar ISA TR20 presenta como llenar y enumerar las formas, y un completo listado de especificaciones en una sección general de formas para cada dispositivo en un conjunto de anexos.

### **1.3 Planteamiento y selección de la solución**

Lo primero que se debe hacer es decidir, facilitar y presentar una o varias propuestas del proceso o sistema que se pretende automatizar. Preferiblemente crear grupos de trabajo con integrantes de diferentes disciplinas (civil, electrónica, automática, etc.) para afrontar el proyecto desde diferentes puntos de vista y llegar a una solución de una manera eficiente.

De este grupo de propuestas, si es que existe más de una se elige la que vaya más acorde con las especificaciones tanto técnicas como económicas del cliente, y que además cuente con la respectiva viabilidad técnica por parte de los desarrolladores.

La selección de la solución se realiza apoyado en herramientas de ingeniería Industrial, como es la realización de un filtro técnico, económico, una matriz de decisión de alternativas, y posterior a ello una matriz de asignación de pesos porcentuales para elegir de manera definitiva, cual es la solución más viable en un proyecto de automatización; esta es la base para elaborar un plan de automatización, es decir, qué se requiere hacer y cómo se van a afrontar los pasos siguientes para la consecución del proyecto de automatización en su totalidad.

Dentro de las actividades del planteamiento y selección está la asignación del director de proyecto cuya principal función se encuentra en el establecimiento del plan de proyecto, en este caso del plan de automatización. En él, debe reflejarse claramente como quiere que se estructure toda la jerarquía, la toma de decisiones y toda la información y control del proyecto. Es totalmente necesario definir los niveles de autoridad que se delegan por su parte a cada uno de los responsables elegidos del proyecto. Unos tendrán capacidad para actuar con determinado nivel de autonomía y otros con un nivel menor.

Para proyectos de pequeña y mediana escala se recomienda usar un documento o formato que especifique en forma clara y concisa la filosofía de operación, así como el plan de proyecto o plan de automatización. Se recomienda realizar un mapa conceptual concentrando las partes más importantes del plan de automatización, si es posible adicionar un cronograma inicial con una idea inicial del tiempo de ejecución de cada etapa.

Una vez organizada la propuesta, se deberán plantear aspectos en el proyecto como:

- Descripción detallada, aspectos tecnológicos y de proceso del sistema, así como un planteamiento de las técnicas empleadas para la consecución de los objetivos.
- Propuestas de alternativas al sistema tradicional. Automatización global del proceso, teniendo en cuenta las características y objetivos de los Sistemas.
- Detallar las estaciones de trabajo, sistemas de carga y descarga, así como de los sistemas de transporte empleados. Se incluirán los tipos de sensores y actuadores utilizados, así como sus características técnicas, justificando razonadamente la elección.

#### **1.4 Estudio de viabilidad**

Una vez realizada o diseñada la solución al proyecto de automatización se efectúa el estudio de viabilidad. Como se explico en el capítulo de ingeniería conceptual, este estudio consta de dos partes principales; viabilidad técnica y viabilidad económica.

Para realizar el estudio de viabilidad se recomienda tener en cuenta, los siguientes ítems en el análisis de riesgos, ya que lo que se quiere al realizar el proyecto es justamente disminuir al mínimo los riesgos:

- Prestigio y estrategia: analizar si la realización del proyecto va a traer un beneficio en cuanto a la imagen de la empresa
- Dimensión del proyecto: diseñar un proyecto que este dentro de los alcances tecnológicos y económicos de la empresa.
- Tipo de los contratos a ejecutar: hacer un análisis detallado del tipo de contratos que se van a realizar con contratistas y subcontratistas
- Análisis de clausulas: determinar cuáles son las clausulas efectivas para cada contrato con el fin de disminuir el riesgo en la ejecución del proyecto
- Factores asociados al área donde se va a desarrollar el proyecto y monetarios: analizar situación social, orden público, condiciones de

accesibilidad, y todas las garantías que debe ofrecer el área donde se desarrollará un proyecto de automatización.

- Factores de emplazamiento y meteorológicos: este ítem hace referencia a las condiciones geográficas y meteorológicas que hacen que un sitio sea apto o no para la ejecución de un proyecto de automatización. De ser necesario se analizan, el clima, suelos, estaciones etc. que puedan alterar el desarrollo del proyecto.
- Capacidad de la empresa o de las empresas de la zona para ejecutar el proyecto: hacer un sondeo de la capacidad tanto del recurso humano disponible en la zona como de la capacidad que exista en el mercado local de satisfacer las necesidades que el proyecto demande, como maquinaria, equipo especializado, técnicos etc.
- Factores reglamentarios, laborales fechas y plazos: identificar las partes críticas en cuanto a reglamentos (del país donde se desarrolla en proyecto por ejemplo) y demás reglamentaciones que se deben cumplir para la óptima ejecución del proyecto
- Características implícitas al cliente y características precisas de los equipos: revisar exhaustivamente los requerimientos técnicos con el fin de detectar errores y analizar el perfil del cliente con el fin de ofrecerle el nivel de calidad esperado.
- Factores derivados por los materiales a suministrar en la obra: prever los posibles fallos que se puedan presentar al suministrar los materiales e insumos en la obra, ya sea por retrasos, órdenes de compra incorrectas etc.
- Contratistas y subcontratistas: escoger muy bien el perfil de los contratistas y subcontratistas para desarrollar de manera óptima el proyecto.
- Cuidado y custodia de las instalaciones. Prever la manera más indicada para vigilar las instalaciones del proyecto. Seguridad privada, guardia armada, ejército nacional etc.

Dependiendo de la envergadura del proyecto se pueden agregar u omitir algunos de los ítems nombrados anteriormente, en muchos casos es relevante entregar un documento específico donde se haga un minucioso estudio de viabilidad. En otros casos no es de vital importancia hacer dicho estudio y se deja al criterio del desarrollador del proyecto su



elección. Pero en todo caso es importante por lo menos tener en cuenta los riesgos por mínimos que sean para hacer un mejor ejercicio en el desarrollo de un proyecto de automatización.

## **1.5 Recomendaciones Técnicas**

Dentro de las recomendaciones técnicas se especifican los requerimientos de equipos mínimos. Este documento es realizado por el contratista y no por el cliente. En él se lista de modo general los equipos que debe contar la planta para que sea funcional, además se hace un listado paralelo con los equipos independientes de la funcionalidad u operatividad de la planta, pero necesarios para poder llevarla a cabo como herramientas, maquinaria y personal especializado como por ejemplo grúas, sonares o soldadores, que se vayan a necesitar en el proceso de ejecución y puesta en marcha del proyecto.

A continuación se presenta un ejemplo relacionado con la forma como se desarrollan la documentación de las etapas de ingeniería, así como los documentos legales tales como contratos y otros documentos por la empresa colombiana de petróleos ECOPETROL.

Pero cabe decir que no existe una norma estándar o formato explícito para generar una recomendación técnica.

Este documento, contiene las Condiciones Generales, mediante las cuales se regirá el contrato y en general está conformado por el análisis de los siguientes ítems [4]:

### 1 Introducción

Ejemplo: Este documento, contiene las Condiciones Generales, mediante las cuales se regirá el contrato “SERVICIO DE MANTENIMIENTO PARA RECUPERAR EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA DE ECOPETROL S.A. UBICADA EN BARRANCABERMEJA SANTANDER” bajo los principios de buena fe, transparencia, economía, responsabilidad, equidad, planeación, calidad, celeridad y responsabilidad social y ambiental.

#### 1.1 Objetivo

Ejemplo: El objeto es: Contratar los SERVICIOS DE DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE DOS (2) SISTEMAS DE PROTECCIÓN, PC, UBICADOS EN LA PLANTA DE SODA DE REFINACIÓN Y BLENDING DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA.

#### 1.2 Descripción de la Unidad

Ejemplo:” Los sistemas de Protección Catódica de las plantas de Soda y Blending tienen como objetivo proteger de un medio corrosivo a cinco (5) tanques de

almacenamiento de soda y tres (3) tanques de casa de bombas 9. La protección catódica es una técnica de control de la corrosión, que está siendo aplicada cada día con mayor éxito en el mundo entero, en que cada día se hacen necesarias nuevas instalaciones de ductos para transportar petróleo, productos terminados, agua; así como para tanques de almacenamientos, cables eléctricos y telefónicos enterrados y otras instalaciones importantes. Como condición fundamental las estructuras componentes del objeto a proteger y del elemento de sacrificio o ayuda, deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrolito”.

#### Características de la zona

Ejemplo:” Las condiciones ambientales de las unidades son consideradas severas, los aspectos principales que se deben tener en cuenta son:”

Temperatura al sol	25 a 45 °C
Temperatura a la sombra	20 a 40 °C
Presión atmosférica	740 mm Hg.
Nivel Pluviométrico	2.718 mm (Prom. Anual)
Humedad relativa	90%
Interferencia de Radiofrecuencia	50 volt./mt @ 27-900 Mhz
Altura sobre el nivel del Mar:	Menor a 100 metros

#### 1.3 Códigos, estándares y procedimientos aplicables

Ejemplo:

- Código de colores Interno de ECOPETROL – GCB.
- Estándares internacionales relacionados con el tema de protección catódica:
- (API 651 y NACE Standard RPO169 – Ultima Versión, entre otras)
- Procedimiento de calibración de celdas de referencia Cu / CuSO4 portátiles.
- Procedimiento para toma de resistencias en sistemas de puesta a tierra.
- Procedimiento para inspección y calibración de rectificadores.
- Procedimiento para toma de potenciales de Protección catódica suelo estructura, “ON” e “*Instant OFF*”
- Procedimiento para verificación de juntas aislantes
- Procedimiento para valoración de continuidad de cables eléctricos.

## 2 Descripción del alcance de los trabajos

### 2.1 Generales

Ejemplo: “El alcance del trabajo a realizar por el contratista incluye: “SERVICIO DE MANTENIMIENTO PARA RECUPERAR EL SISTEMA DE PROTECCIÓN

CATÓDICA DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA DE ECOPETROL S.A. UBICADA EN BARRANCABERMEJA – SANTANDER”. ECOPETROL a través de su interventor o administrador del contrato; los cuales auditará y revisará el proceso de Diagnostico, Montaje y Puesta a punto de dos (2) sistemas de protección catódica (Planta de Soda y Blending) a recuperar, aprobando las acciones de mantenimiento correctivo y las partes suministradas por el contratista.”

## 2.2 Trabajos a realizar (divididos por equipos y etapas)

Ejemplo: “El Alcance del Trabajo a realizar presenta las siguientes etapas; incluyendo en detalle las actividades. Es importante destacar que para pasar de una etapa a la otra, el contratista deberá entregar un informe al final de cada etapa a la interventoría y ECOPETROL para su revisión y aprobación, dando el visto bueno para seguir a la siguiente etapa. Actualmente los sistemas de protección catódica de la Planta de Soda y *Blending* están fuera de servicio sin verificación alguna del estado del grado de deterioro y obsolescencia de cada componente.

### **SERVICIO DE MANTENIMIENTO PROTECCIÓN CATÓDICA PLANTA DE SODA:**

#### **ETAPA A.** Diagnostico del estado eléctrico, electrónico y mecánico de cada

Componente del Sistema de Protección Catódica Evaluado:

A continuación se citan, entre otras, actividades que se debe hacer para la revisión y rehabilitación:

1. Realizar el inventario de los componentes instalados actualmente para la protección catódica de cada uno de los cinco (5) tanques.
2. Verificar el estado físico y de funcionamiento de todos los elementos de la protección catódica de cada uno de los tanques, mediante ensayos y toma de datos de campo, tales como:
  - 2.1 Pruebas de continuidad eléctrica de cables positivos, negativos y celdas de referencia permanente”

Definir los entregables:

Ejemplo: “El contratista deberá entregar como mínimo en la **Etapa A (DIAGNOSTICO)**, tanto para, **SERVICIO DE MANTENIMIENTO PROTECCIÓN CATÓDICA PLANTA DE SODA** y **SERVICIO DE MANTENIMIENTO PROTECCIÓN CATÓDICA PLANTA BLENDING** la siguiente información:

- a. Estado actual de cada componente de cada sistema evaluado.
- b. Fotografías a color de los componentes en mal estado.

- c. Para componentes electrónicos y eléctricos, se debe anexar los resultados de los respectivos ensayos que demuestren su estado actual.
- d. Se deben generar recomendaciones encaminadas a la generación de acciones al mantenimiento correctivo de cada componente, se harán utilizando los parámetros dados en el formato del Anexo A (PIM- Z2- XXX). Las recomendaciones se identificarán con PIM-Z2-XXXX donde XXXX es un número consecutivo que dará ECOPETROL.

### 2.3 Personal requerido

Ejemplo: “2.4.1 El personal para el diagnóstico deberá tener las competencias, entrenamiento, calificaciones y experiencia adecuadas para el trabajo a ejecutar. Las evidencias del entrenamiento, calificaciones y experiencias deberán ser suministradas en la propuesta y al interventor de ECOPETROL.

2.4.2 Para desarrollar las actividades y productos entregables, del presente contrato se debe contar con el personal:

**Un Coordinador calificado** y con certificación vigente Nivel II o Nivel III en Sistemas de Protección Catódica NACE.

**Un ingeniero de campo** con experiencia específica de cinco (5) años en sistemas de protección catódica.”

### 3 Requerimientos generales durante el eventual contrato

Ejemplo: “Estos requerimientos son adicionales a los planes de inspección dados para cada equipo, y a lo especificado en el Contrato.”

3.1 Si durante la fase de ejecución del trabajo contratado, ECOPETROL encuentra que hay inconsistencia, dualidad, conflicto, entre sus requerimientos, los planes de diagnóstico y otras especificaciones del Contrato, etc., ECOPETROL podrá exigir el cumplimiento de aquel que más le convenga sin que ello ocasione costos adicionales a los ya pactados en el Contrato. La alternativa que seleccione ECOPETROL debe ser aceptada incondicionalmente por el Contratista.

### 3.2 Entrega del informe final mediante medios físicos

Ejemplo: El contratista entregará a ECOPETROL, copia de los informes descritos en cada etapa, como se indica a continuación:

- a) Dos (2) copia duras: una a color y la otra copia.
- b) Dos (2) copias magnéticas (CD).

### 3.3 Anexos

Ejemplo: ECOPETROL, entregará la siguiente documentación técnica:  
Anexo A: Formato de recomendaciones PIM Z2 – XXX.

## Anexo B: Formato FACI para catalogación de partes.

Cada cliente/contratista es libre de diseñar las recomendaciones técnicas, ya que estas son en su mayoría únicas para cada proyecto, pero una vez elegidos, estos términos de referencia hacen parte de los documentos contractuales y deberán ser cuidadosamente estudiados por el cotizante, para la elaboración y consecución de cada uno. Igualmente, el contratista seleccionado para la ejecución de los trabajos, deberá seguirlos y aplicarlos estrictamente.

### **1.6 Documentación de Instrumentación y Control [5]**

La especialidad de Instrumentación y Control requiere de una coordinación necesaria con casi todas las especialidades de un proyecto, lo que hace necesario unos mínimos conocimientos de casi todas ellas. Dentro de un proyecto de Ingeniería convencional de plantas de proceso o industriales, la instrumentación y control es una especialidad más en la organización del proyecto.

Esta parte de la ingeniería comprende lo relacionada con el análisis del proyecto y sirve para generar los documentos básicos para llevar el control de la instrumentación, así como generar la documentación necesaria para la compra de los instrumentos y analizadores. Los documentos que habitualmente se incluyen en esta parte suelen ser:

- Criterios de diseño generales de Instrumentación.
- Criterios de diseño generales de Control.
- Criterios de diseño generales de Instalación.
- Criterios de diseño generales de Instrumentación y control para unidades paquete.
- Listado de Instrumentos.
- Plano de Arquitectura del Sistema de Control.
- Especificaciones Técnicas de Instrumentos, (una por tipo de instrumento).
- Hojas de datos de Instrumentos (una por tipo de instrumento).

Dentro de este apartado también existen una serie de actividades que deben ser realizadas por el ingeniero de Instrumentación, tales como:

- Planificación de la parte correspondiente de Ingeniería.
- Seguimiento de los avances de Ingeniería
- Realización del listado de documentos.
- Aporte de datos y comentarios a *P&ID* 's.
- Comentarios a Unidades Paquete.
- Coordinación con otros departamentos (proceso, electricidad, etc.).
- Apoyo a contratación.

La documentación del sistema de control es la parte de la ingeniería que comprende lo relacionado con la información necesaria para poder ejecutar todo el trabajo concerniente al Sistema de Control. El Sistema de Control puede tener diferentes tipologías, dependiendo estas de muchos factores, siendo entre otros uno de los importantes el tamaño de la instalación. El objetivo es crear una serie de documentos para poder comprar, integrar, suministrar, probar y poner en operación el sistema de control. Los documentos que habitualmente se incluyen en esta parte suelen ser:

- Especificación técnica del Sistema de Control.
- Lista de Entradas/Salidas para el Sistema de Control.
- Base de datos del Sistema de Control.
- Diagramas de Control. Diagramas funcionales.
- Diagramas Lógicos.
- Definición de las comunicaciones con otros sistemas y unidades paquete.
- Planos de implantación de cuadros de control y estaciones de operación.
- Esquemas de Interconexión en lado Sistema de Control.

Dentro de este apartado también existen una serie de actividades que deben ser realizadas por el ingeniero de Instrumentación, tales como:

- Asistencia al cliente para la selección de la tecnología a utilizar
- Estudios de mercado de posibles tecnologías.
- Seguimiento del suministro del sistema de control.
- Asistencia a Pruebas de aceptación en fábrica (FAT) y campo (SAT).
- Aprobación de documentación del suministrador.
- Seguimiento de los avances de Ingeniería.

Los dos principales tipos de diagramas de flujo para los profesionales de sistemas de control son los Diagramas de flujo de proceso (PFD) y diagramas de flujo de ingeniería EFD. Los PFD son los más estandarizados a través de la industria que los diagramas de flujo de ingeniería. Los EFD son llamados también diagramas de flujo mecánico MFD o también diagramas de instrumentos y tubería o proceso P&ID. Los PDF's son desarrollados típicamente por un grupo de ingeniero de procesos, y los P&ID son elaborados por el grupo de tubería y mecánica. Los ingenieros de sistemas de control deben estar involucrados de cerca con ambos tipos de diagramas en una etapa temprana.

Es evidente que la especialidad de instrumentación y control, como el resto, requieren de una relación y coordinación con las demás especialidades de un proyecto de ingeniería. A continuación se da una rápida visión de las relaciones con otras especialidades.

Relación con la especialidad de proceso:

- Gestionar los P&ID´s.
- Conseguir los datos de proceso para especificar los instrumentos y válvulas.
- Adecuar las descripciones mecánicas para generar los documentos de control.

Relación con la especialidad de obra civil:

- Localización de salas de control, salas eléctricas, salas satélites, etc.
- Implantación de equipos, *racks* y sistemas para localizar cajas, hacer revisiones de caminos de cables, definir clasificación de áreas, etc.
- Definir caminos enterrados de cables, evitar interferencias con sistemas enterrados, etc.
- Coordinación de instalación de instrumentos en losas de hormigón, fosas, etc.
- Definición de sistemas de HVAC, falsos suelos, sistemas de *Fire & Gas*, etc.

Relación con la especialidad tuberías:

- Definición del documento de conexiones a proceso y conexiones neumáticas.
- Definición de materiales y condiciones para instrumentos y válvulas.
- Definición y coordinación de la localización de los instrumentos y válvulas en las tuberías.
- Localización de los instrumentos en los planos de tuberías para hacer planos de implantación de instrumentos

Relación con la especialidad electricidad:

- Definición de criterios de alimentación a instrumentos y cuadros de control.
- Definición de criterios para cableado (tipos de cables, tierras, cajas, etc.).
- Definición de límites de responsabilidad en sistemas indeterminados (cableado de sondas de motores, cableado entre sistema de control y centro de control de mando, etc.)
- Coordinación para ruta de cables.

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.

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

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

Este estándar establece un medio uniforme de representación e identificación de instrumentos o dispositivos y sus funciones inherentes, sistemas de instrumentación y funciones, y funciones de software de aplicación usadas para medición, monitoreo, y el control, presentando un sistema de designación que incluye la identificación de esquemas y símbolos gráficos.

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

El objetivo de este Estándar es proveer un método de diagramación lógica del *interlock* binario y secuencia de sistemas para el arranque, operación, alarma, y apagado de equipo y procesos en las industrias químicas, petróleo, generación de energía, aire acondicionado, refinado de metal, entre otras industrias. El Estándar intenta facilitar el entendimiento de la operación de sistemas binarios, y mejorar comunicaciones entre técnico, administración, diseño, funcionamiento, y personal de mantenimiento relacionado con los sistemas

- 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*)

El propósito de este estándar es establecer la documentación para aquella clase de instrumentación que consiste en computadoras, controladores programables, miniordenadores y sistemas basados en microprocesadores que tienen control compartido. Los símbolos son proporcionados para interfaz la instrumentación de campo, la instrumentación de sala de control y otro hardware. La terminología es definida en la forma genérica más amplia para describir varias categorías de estos dispositivos.



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

Este estándar proporcionará pautas para la preparación y el uso de diagramas de lazo de instrumento en el diseño, construcción, arranque, operación, mantenimiento, y modificación de sistemas de instrumentación. Este estándar también asistirá en el entendimiento de diagramas de lazo de instrumento y mejorará las comunicaciones entre personal técnico, no técnico, dirección, diseño, construcción, funcionamiento, y personal de mantenimiento.

Este anexo no tiene como objetivo traducir la norma completa sino mostrarla como una herramienta en la etapa de documentación de instrumentación y control. Para realizar la documentación de la instrumentación y sistemas de control se recomienda realizar o tener en cuenta entre otros, los siguientes *ítems*: Filosofía de control, P&ID, Diagramas de lazo, modelo operaciones, definir esquema de control, Diagramas lógicos funcionales, Lista de Instrumentos, Típicos de Instrumentación y diagramas de flujo, lista de señales y análisis de disturbios, verificación de comandos, lista de conexiones, cantidad de materiales (presupuesto), protocolo de pruebas . Cabe resaltar que en este punto la documentación depende del tipo y tamaño del proceso, en algunos casos va a requerir de mayor o menor desglose de la información concerniente a la instrumentación y control.

Para la etapa de ingeniería conceptual no es necesario tener completamente realizada la documentación de la instrumentación y control anteriormente nombrada, basta con tener las bases conceptuales es decir: Filosofía de Control, modelo de Operaciones, lista de instrumentos, lista de señales con el análisis de disturbios.

- 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.

- Lista de instrumentos

Este documento 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.

- Lista de señales y el 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. 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 poder 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.

- Filosofía de control

El objeto de la Filosofía de control es dar los lineamientos para configurar el sistema de control seleccionado. Determina las acciones que se deben tomar para mantener las variables del proceso en los valores establecidos. Además se puede establecer la necesidad de nuevas entradas y salidas del sistema [12]. La filosofía de control es un documento donde se describen las principales actividades del proceso como las 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.

### **1.7 Sistemas Instrumentados de Seguridad SIS [6]**

Las instalaciones industriales de proceso que almacenan, procesan y generan sustancias peligrosas, tienen asociado un determinado nivel de riesgo, dado que existe la posibilidad de inducir consecuencias adversas sobre receptores vulnerables (personas, bienes materiales, y medio ambiente), como resultado de los efectos dañinos (térmicos, físicos y/o químicos) originados por sucesos incontrolados en sus instalaciones.

Estos riesgos potenciales exigen que estas plantas adopten estrictos criterios tanto en el diseño de las instalaciones y equipos, como en la adopción de medidas de seguridad, dichas medidas de seguridad se traducen en múltiples capas de protección de las estaciones. Cada capa de protección está compuesta de equipos y/o procedimientos de control que actúan conjuntamente con otras capas de protección para controlar y/o mitigar los riesgos de los procesos.

Las capas de protección que se muestran en la Figura1. Se pueden dividir en:



Figura 1: Capas de protección en instalaciones de proceso. Fuente [7].

- Aquellas destinadas a prevenir el accidente, como pueden ser el sistema de control, las alarmas críticas, las actuaciones por parte del operador y los sistemas instrumentados de seguridad (SIS).
- Aquellas destinadas a introducir medidas de mitigación, como pueden ser los sistemas de fuego-gas, los sistemas de alivio, de protección física, la respuesta de la planta ante emergencia o la respuesta de la población ante emergencia.

Las medidas de seguridad o capas de protección más adecuadas a adoptar en las instalaciones se derivaran de la elaboración de un análisis de riesgos específicos en las mismas, mediante la explicación de una o varias técnicas de identificación de riesgos, tales como bases de datos de accidentes, análisis de peligros y operatividad (HAZOP), análisis "what if", listas de chequeo, análisis de los modos de fallo, efectos y consecuencias (FC-MEA), análisis mediante arboles de fallo y arboles de suceso, etc. La técnica de identificación seleccionada dependerá de los propósitos perseguidos con la identificación de riesgos, así como de los datos y recursos disponibles.

En este sentido, la metodología HAZOP se presenta como una de las técnicas más rigurosas y estructurada para la identificación de los peligros asociados a una planta de proceso. La aplicación principal de esta técnica se encuentra en la identificación de riesgos en las primeras etapas del diseño, al ser el mejor momento para introducir cambios o modificaciones, dado que los resultados son recomendaciones de mejora que modificarán el diseño final de los equipos o sistemas.

Entre otras medidas de seguridad o capas de protección que se derivaran de la aplicación de una metodología HAZOP, cabe destacar la implementación de sistemas instrumentados de seguridad (SIS) o sistemas de "interlocks" (Figura 2) que conducen a la planta a estado

seguro cuando se vulneran unas condiciones predeterminadas, así como de sistemas fuego-gas (F&G) (Figura 3) que activan medidas de mitigación en caso de incendio o fuga de gas en las instalaciones.



Figura 2: Sistemas Instrumentados de Seguridad Fuente [7].

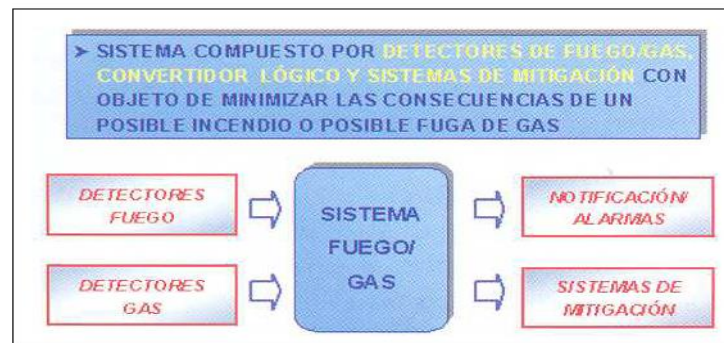


Figura 3: Sistemas Fuego-Gas. Fuente [7].

De esta forma y como continuación de la elaboración de un estudio HAZOP, el análisis SIL (*Safety Integrity Level*) permitirá evaluar cual es el nivel de seguridad exigible a los distintos sistemas instrumentados de seguridad y sistemas fuego-gas de las instalaciones, así como verificar que estos cumplen los requisitos establecidos en la normativa de aplicación de acuerdo a dicho nivel.

### 1.7.1 Índice SIL Nivel de Integro de Seguridad (*Safety Integrity Level*)

A continuación, se definirá el concepto y analizara la necesidad de desarrollar un análisis SIL en instalaciones de proceso. Para ello, se realiza el siguiente ejemplo donde estudiaremos la evolución de un parámetro de proceso (presión, temperatura, caudal, nivel, etc.) con respecto al tiempo, y el comportamiento de dicha evolución cuando en el

proceso aparecen causas de fallo que generan desviaciones de dicha variable respecto a sus condiciones normales de operación.

Analizando como ejemplo el control de nivel en un equipo de proceso, las capas de protección instrumentadas para el control de dicha variable, se muestran en la Figura 4.

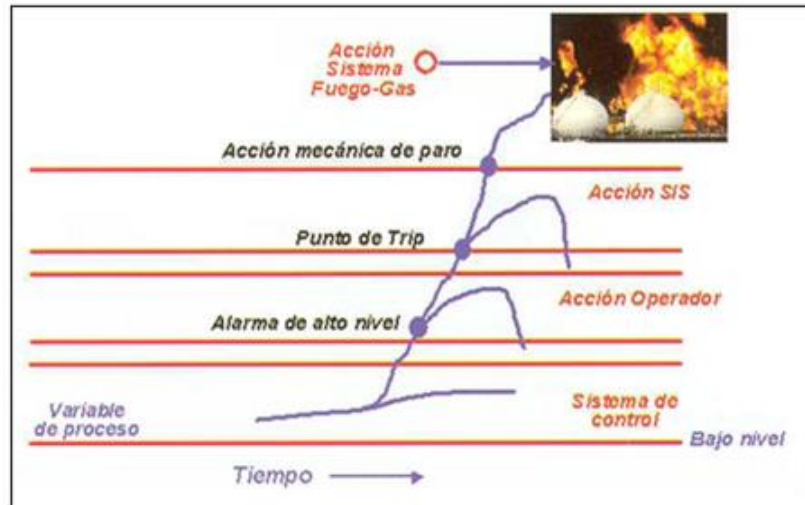


Figura 4: Capas de protección instrumentadas en el control de una variable de proceso. Fuente [7].

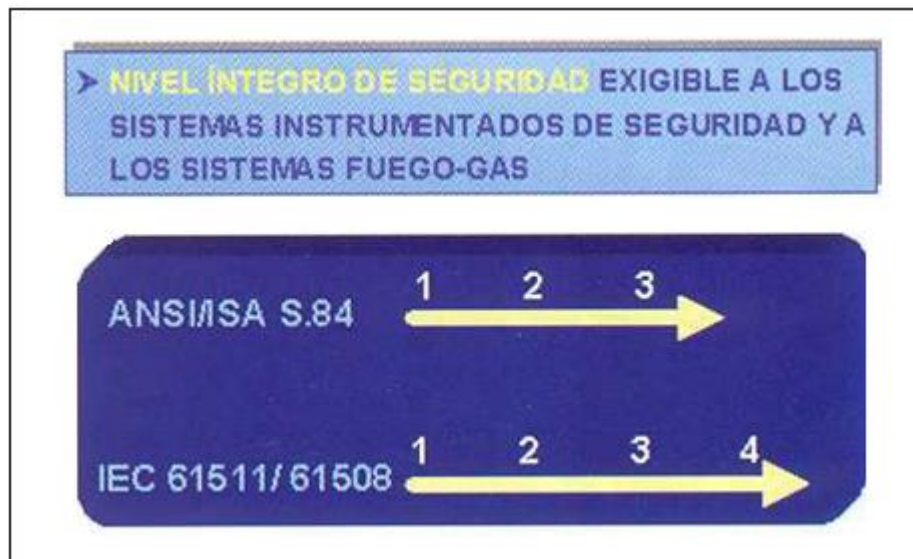


Figura 5: Índices SIL (Safety Integrity Level). Fuente [8].

Tal y como se muestra a continuación, el índice SIL presenta una correlación directa de las consecuencias asociadas al fallo en demanda del mismo:

### 1.7.2 Normativas y estándares

A continuación, se resumen los estándares y normativas de referencia existentes en materia de seguridad funcional de los procesos:

ANSI/ISA-S84.01-1996: [9]

“Application of Safety Instrumented Systems for the process industries”

Es una norma de la "American National Standards Institute" en la que se establece una base para el diseño de sistemas instrumentados de seguridad en la industria de proceso, incluyendo tecnología eléctrica, electrónica y electrónica programable.

Establece asimismo cuales son los pasos en el ciclo de vida de un SIS desde su concepción inicial hasta el desmontaje del mismo. Esta dirigida fundamentalmente al personal que participa en el desarrollo y fabricación de los SIS, en la instalación, en el comisionamiento y en todas las otras fases del ciclo de vida de un sistema de seguridad.

IEC 61508: “Safety of electrical/electronic safety related systems” [10]

Es un estandar de la “international Electrotechnical commission” en el que se establece una base para el uso de dispositivos electricos y/o electronicos programables en el diseño de sistemas instrumentados de seguridad en aplicaciones medicas, de transporte, en industria de proceso, etc. Establece asimismo cuales son los pasos en el ciclo de vida de un SIS desde su concepcion inicial hasta el desmontaje del mismo. Esta dirigida al personal involucrado en cualquier fase del proyecto desde el concepto hasta la explotacion. [10]

IEC 61511: “Safety of electrical/electronic/ electronic safety related systems for the process industry sector” [10]

Es un estandar de la “international Electrotechnical commission” en el que se establece una base para el uso de dispositivos electricos y/o electronicos programables en el diseño de sistemas instrumentados de seguridad en la industria del proceso establece asimismo cuales son los pasos en el ciclo de vida de un SIS desde su concepcion inicial hasta el desmontaje del mismo. Esta dirigida fundamentalmente al usuario final de los sistemas de seguridad.

En el siguiente punto se establecen cuales son los principales requerimientos que establecen las normas citadas para el diseño y evaluacion de sistemas instrumentados de seguridad, entre ellas está el FSM (*Functional Safety Management*) el cual establece un marco de referencia para la organización de todos los métodos y actividades necesarias para lograr el nivel requerido de seguridad funcional. [10]

### **1.7.3 Ciclo de vida de un sistema instrumentado de seguridad**

Las normativas y estándares sobre seguridad funcional, ANSI-ISA-S84 e IEC-61511/61508 establecen las distintas etapas a cubrir en el ciclo de vida de seguridad de un sistema instrumentado de seguridad, desde la concepción inicial del mismo hasta su desmontaje.

Tal y como puede observarse, dentro de las etapas del ciclo de vida de seguridad, debe realizarse la asignación o definición del índice SIL para todos los sistemas instrumentados de seguridad de las instalaciones, considerando no solo los definidos en la ingeniería básica y de detalle sino también los que se introducen nuevos como consecuencia del estudio HAZOP desarrollado para las instalaciones en cuestión. Por otra parte, a partir de los riesgos identificados en la fase de análisis se evalúa si el nivel de riesgo es aceptable o es necesario implementar sistemas de seguridad para reducirlo. Para la implementación de funciones de seguridad basadas en sistemas E/E/EP existen componentes hardware y software certificados hasta SIL 3 que facilitan el desarrollo de los SIS requeridos.

## **1.8 Sistema eléctrico**

A pesar de la proximidad durante la ejecución detallada de diseño, el trabajo de sistemas de control y el trabajo eléctrico son suficientemente diferentes, y cada uno es suficientemente complejo como para garantizar dos disciplinas separadas. Como es usual cuando dos disciplinas cercanas aunque separadas trabajan juntas, se debe prestar cuidadosa atención a las interfaces entre ellas. Esto hace suponer que pueden ocurrir errores.

Este anexo ilustra sobre los aspectos de la representación simbólica eléctrica más útil para el personal de diseño e ingeniería de sistemas de control. El campo de la ingeniería eléctrica, y mantenimiento es vasto; no todos sus aspectos están directamente relacionados con la mayoría del personal de sistemas de control. En este anexo se listan los tipos de gráficos estándar que un típico departamento eléctrico publicaría y que son de interés directo y conciernen a la mayoría de personal de sistemas de control [11].

### **1.8.1 Trabajo eléctrico**

El trabajo eléctrico se divide frecuentemente en dos categorías: potencia y control. Para dar una idea de lo amplio del trabajo eléctrico, la Tabla 1 muestra una lista de diagramas de diseño que deben ser producidas por un departamento eléctrico de una compañía típica de ingeniería. De los diagramas mostrados, los más importantes para el personal de sistemas de control son probablemente los diagramas elementales (*elementary ladder diagrams*), diagramas de conexiones (*connection diagrams*), diagramas en línea (*on line diagrams*) y clasificación de áreas (*area classifications*). Se gasta más tiempo trabajando con los dos primeros, por eso se hace énfasis en ellos.

1	índice de diagramas ( <i>drawing index</i> )
2	símbolos de plantilla y notas estándar ( <i>Drafting symbols and standard notes</i> )
3	Diagramas de clasificación de área ( <i>area classification drawings</i> )
4	Diagramas de una línea ( <i>one line diagrams</i> )
5	Ensamblajes de instalación estándar ( <i>standard installation assemblies</i> )
6	Diagramas de puesta a tierra ( <i>grounding drawings</i> )
7	Conductos bajo tierra o diagramas de cables ( <i>underground conduit or cable drawings</i> )
8	Programación de conductos ( <i>conduit schedules</i> )
9	Programación de cable o circuitos ( <i>cable or circuit schedules</i> )
10	Diagramas potencia de superficie ( <i>aboveground power drawings</i> )
11	Diagramas de subestación e interruptor de marcha ( <i>substation and switch gear drawings</i> )
12	Diagramas de iluminación ( <i>lighting drawings</i> )
13	Diagramas de instrumentación eléctrica ( <i>electrical instrumentation drawings</i> )
14	Diagramas de edificios de control ( <i>control buildings drawings</i> )
15	Diagramas de lógica eléctrica ( <i>electrical logic drawings</i> )
16	Diagramas de elementos ( <i>elementary diagrams</i> )
17	Diagramas de conexión ( <i>connection diagrams</i> )
18	Diagramas polo-líneas ( <i>pole-line drawings</i> )
19	Diagramas de construcciones diversas ( <i>miscellaneous buildings drawings</i> )

Tabla 1: lista de diagramas de diseño eléctrico. Fuente [12].

Como siempre las hojas de leyenda vienen después del índice de diagramas. Cada compañía tiene su propio formato, pero los símbolos usados generalmente están basados en estándares ANSI<sup>4</sup> y NEMA<sup>5</sup>. Las prácticas europeas diferencian muy poco de las americanas y no se discuten aquí.

Es importante para comprender la construcción física y la disposición de los conductos eléctricos y el cableado de sistemas, hacer énfasis en las hojas de leyenda ya que son estas las que eliminan las ambigüedades a la hora de trabajar con un cliente en particular.

### **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 NFPA<sup>6</sup>. Usualmente se hacen en planos, pero realmente no son diagramas eléctricos y algunas veces se realizan por otras disciplinas.

<sup>4</sup> American National Standard Institute

<sup>5</sup> National Electrical Manufacturers Association

<sup>6</sup> National Fire Protection Association



## Diagramas de una 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 *relays*, botones de contacto, paneles de iluminación. La Figura 6 muestra un ejemplo de un diagrama de una línea.

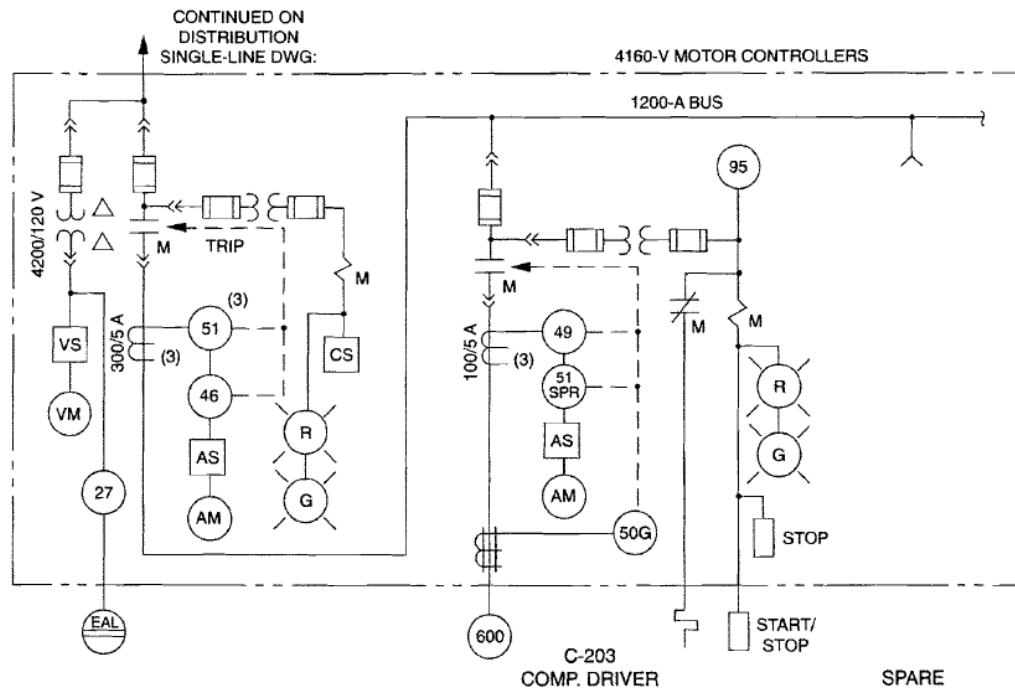


Figura 6: Ejemplo de diagrama de una línea (*one-line drawings*). Fuente [12].

## Detalles de instalación estándar (típicos de instalación) [13]

Estos diagramas están muy ligados a la instalación detallada de instrumentos excepto a lo que hace referencia a equipo eléctrico. Como los diagramas detallados de instrumentos, también tiene una asociación cercana con la lista de materiales. Estos detalles son un poco extensos, ellos cubren instalación de instrumentos, borneras, cables, motores (sobre y bajo el suelo), detalles de puesta a tierra, iluminación, paneles e instalaciones de soporte (de todo tipo).

Una aproximación similar se toma para los detalles de instalación eléctrica. Los símbolos son simplificados en extremo, no hay líneas innecesarias, se usan banderas numeradas para identificar descripciones escritas. La Figura 7 muestra un ejemplo de un diagrama de ensamble de instalación estándar que de ahora en adelante se conocerá como un típico de instalación

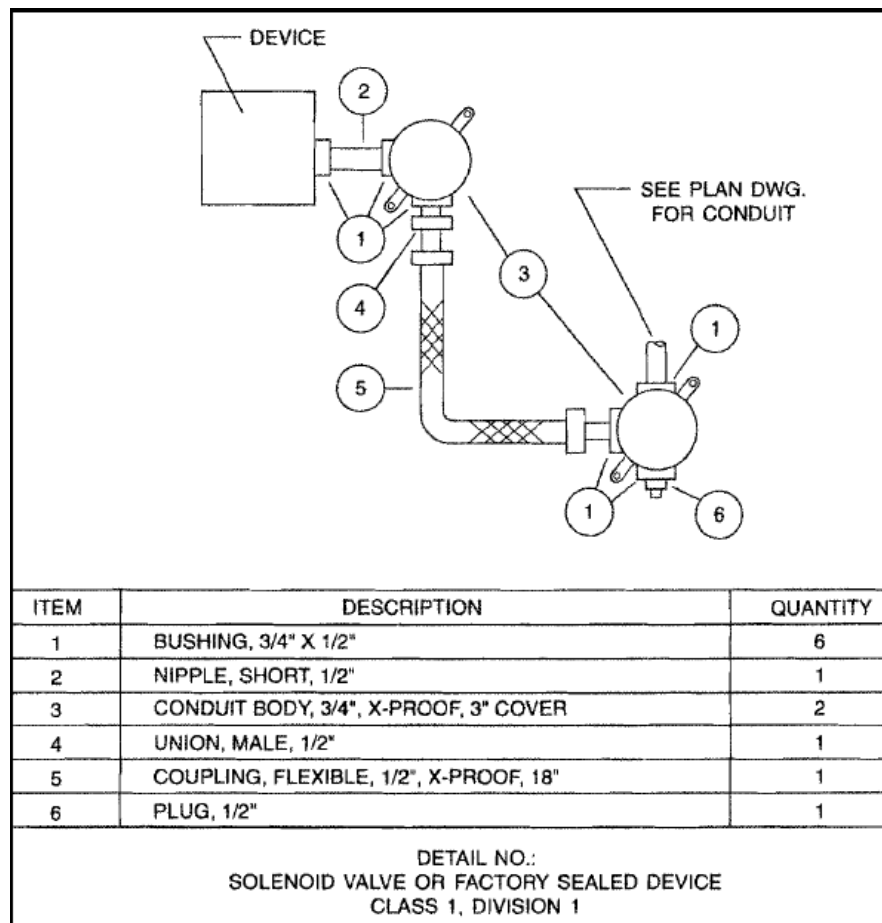


Figura 7: Diagrama típico de instalación. Fuente [12].

## Diagrama de puesta a tierra

El diagrama 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. La Figura 8 muestra el diagrama de puesta a tierra.

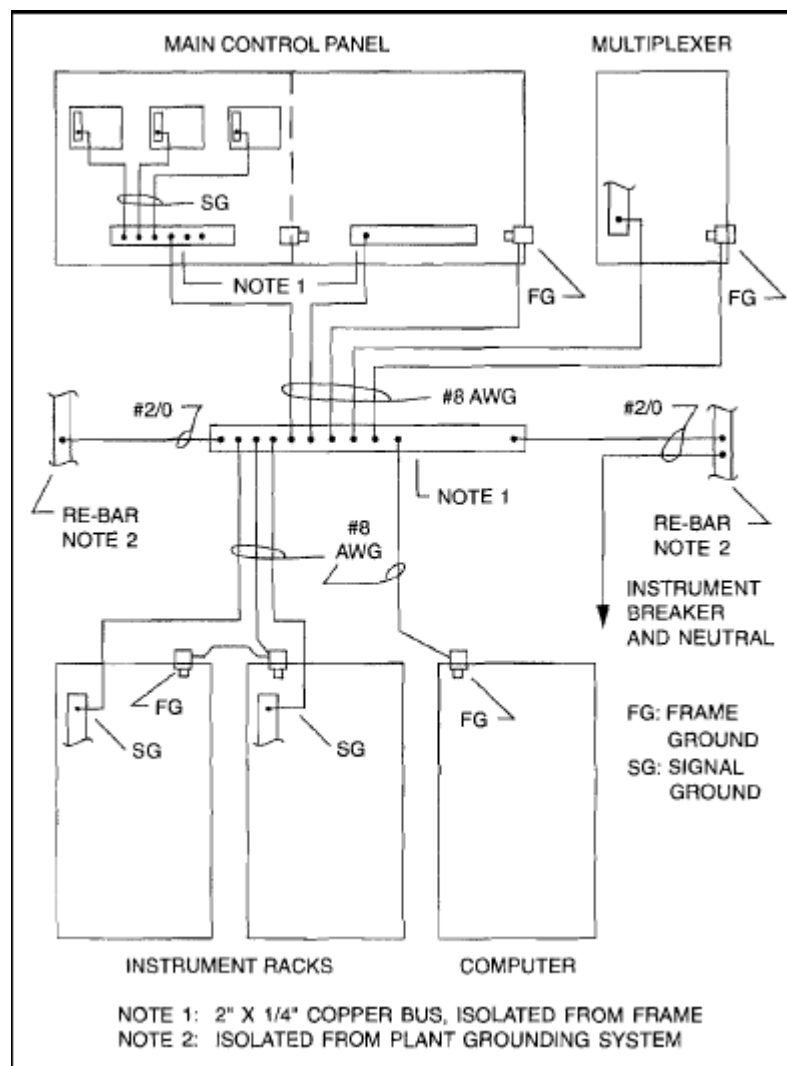


Figura 8. Diagrama de puesta a tierra. Fuente [12].

Para profundizar más acerca de este tema se recomienda el libro *Control Systems Documentation* [12].

### **1.9 Obras Civiles y Documentos de Construcción**

Un dossier es un informe, medianamente detallado, que se entrega generalmente encarpetao a los representantes de la empresa para que se informen sobre la actividad que se va a desarrollar. Un dossier de construcción para un proyecto de automatización es un archivo extenso debido a que en él se deposita toda la información de la obra civil. Hacen parte de él, entre otros:

- Índice
- Procedimientos
- Personal
- Materiales
- Civil
- Estructuras
- Arquitectura
- Tubería
- Mecánica
- Tanques
- Instalaciones eléctricas
- Instalaciones de Instrumentación y control
- Preparación de superficies
- Generalidades
- Catálogos y manuales
- Planos y documentos red line

En lo concerniente a la instrumentación y sistemas de control, el dossier o expediente recopila, entre otra, la información y la organiza de la siguiente forma:

- Procedimientos:
  - Procedimientos de soldadura, cortes, uniones, etc.
  - Procedimiento Control de materiales en sitio
  - Procedimiento Ensayos no destructivos
  - Procedimiento Tubería
  - Procedimiento Electricidad e instrumentación

- Personal :
  - Lista de subcontratistas
  - Listado de Proveedores
  - Lista de operadores Ensayos No Destructivos
  
- Materiales:
  - Material de estructuras
  - Material de tuberías
  - Material civil
  - Material eléctrico
  - Material de instrumentación
  - Material de control
  
- Civil
  - Planos lay-out
  
- Estructuras
  - Listado de planos
  
- Tuberías
  - Documentación de soporte de tuberías
  
- Mecánica
  - Referencia de planos Red line
  
- 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 peligrosas
  - Lista de cajas de empalmes
  - Listado de tableros y accesorios de control instalados
  - Listado de instrumentos instalados

- Planos de referencia
- Planos y documentos Red Line
  - Listado de planos y documentos Red Line y/o As Build

Además de lo nombrado anteriormente, el dossier de construcción debe ir acompañado de un procedimiento de complemento, donde se indican entre otros, ítems como: objetivo, alcance, glosario, documentos derogados, documentos de referencia, requerimientos de personal.

### **1.10 Cronograma de Actividades [14]**

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 estima conveniente para su desarrollo.

Por esta razón es fundamental una previsión razonable sobre el tiempo que se verá involucrado a cada actividad prevista, siendo además necesario la coordinación y comparación de la realización de las actividades con los tiempos establecidos. Es por esto que la administración del tiempo del proyecto, incluye los procesos requeridos para asegurar la terminación a tiempo del proyecto. Aquí se menciona un panorama de los principales procesos para desarrollar la programación de tiempo en el proyecto.

#### **1.10.1 Definición de Actividades.**

- Secuencia de Actividades.
- Estimación de duración de las actividades.
- Desarrollo de Programa.
- Control de Programa.

Estos procesos interactúan entre sí, así como con otros procesos de otras áreas del conocimiento. Cada proceso puede involucrar esfuerzos de uno o más individuos o grupos de individuos, basados en las necesidades de proyecto. Cada proceso, generalmente ocurre al menos una vez en cada fase de proyecto.

En algunos proyectos, especialmente los más pequeños, la secuencia de actividades, estimado de duración de estas, y desarrollo de programa, son tan fuertemente vinculados, que son vistos como un solo proceso o pueden ser desempeñados por un solo individuo,

en un periodo relativamente corto de tiempo. Aquí son presentados como procesos distintos porque las herramientas y las técnicas son diferentes para cada uno.

### **1.10.1 Definición de Actividades**

La definición de las actividades, involucra identificar y documentar las actividades específicas, que deben ser realizadas para producir las entregas y sub-entregas, señaladas en el Desglose Estructurado de Trabajo DET. Está implícita en este proceso la necesidad de definir aquellas actividades con las que serán alcanzados los objetivos del proyecto.

### **1.10.2 Herramientas y Técnicas para la Definición de Actividades**

- Descomposición.

Dentro del contexto de los procesos de definición de actividades, la descomposición involucra subdividir los paquetes de trabajo de proyecto, en componentes más pequeños y más manejables, para proporcionar mejor control administrativo. La principal diferencia entre la descomposición aquí, y la definición del alcance es que las resultantes finales aquí, son descritas como actividades en lugar de entregas. El DET, y la lista de actividades, son usualmente desarrolladas secuencialmente, con el DET, siendo la base para el desarrollo de la lista final de actividades. En algunas áreas de aplicación, el DET, y la lista de actividades son desarrollados concurrentemente.

- Patrones.

Una lista de actividades o un fragmento de una lista de actividades de un proyecto previo, es frecuentemente usada como patrón o forma, para un nuevo proyecto. Las actividades en estas formas pueden también contener una lista de recursos ya habilitados que ahorran horas de trabajo, así como identificación de riesgos, entregas y otra información descriptiva.

### **1.10.3 Resultantes de la Definición de Actividades**

- Lista de Actividades.

La lista de actividades debe incluir todas las actividades que serán llevadas a cabo en el proyecto. Esta debe ser organizada como una extensión del DET para confirmar que éste está completo, y que no incluye ninguna actividad que no sea requerida como parte del alcance del proyecto. Así como el DET, la lista de actividades debe de incluir las descripciones de cada actividad, para asegurarse que los miembros del equipo de proyecto entenderán como se tiene que hacer el trabajo.

- Soporte Detallado.

El soporte detallado para la lista de actividades debe ser documentado y organizado de la forma necesaria para facilitar su uso en el proyecto y otros procesos administrativos. El soporte detallado debe siempre incluir documentación de todas las restricciones y suposiciones. La cantidad de detalles adicionales, varía dependiendo del área de aplicación.

- Actualizaciones del Desglose Estructurado de Trabajo (DET).

Con el uso del DET, para identificar cuales actividades son necesarias, el equipo de proyecto puede identificar entregas faltantes, o puede determinar que las descripciones de la entrega necesitan ser aclaradas o corregidas. Cualquiera de dichas actualizaciones debe ser reflejada en el DET y su documentación relacionada, así como su estimado de costo. Estas actualizaciones son frecuentemente llamadas afinaciones y son más evidentes cuando el proyecto involucra tecnología nueva o no probada.

#### **1.10.4 Secuencia de actividades**

La secuencia de las actividades involucra identificar y documentar las relaciones de interacción lógica de estas. Las actividades deben ser secuenciadas con exactitud para que constituyan el soporte de un programa realista y alcanzable. Por esta razón existen diferentes tipos de dependencias que se presentan en la secuencia lógica de las actividades, estas se describen a continuación. Por otra parte para llevar a cabo una buena secuencia de actividades, la ayuda de herramientas para administrar el proyecto tanto especializadas como manuales es indispensable. Las herramientas y técnicas apropiadas para este tipo de procedimiento se mencionan de manera posterior a los insumos o dependencias de secuencias de actividades.

#### **1.10.5 Insumos para la Secuencia de Actividades**

- Descripción del Producto

Las características del producto a menudo afectan la secuencia de las actividades (p. Ej. El plano de una planta a ser construida, las interfaces de un subsistema en un proyecto de cómputo). Mientras estos efectos sean visibles en la lista de actividades, la descripción del producto generalmente deberá ser revisada para asegurar su exactitud.



- Dependencias Obligadas

Las dependencias obligadas, son aquellas que están inherentes en la naturaleza del trabajo a realizar. Estas frecuentemente involucran limitaciones físicas (en un proyecto de construcción por ejemplo, es imposible erigir la estructura sin tener la cimentación; en un proyecto electrónico, el prototipo debe ser construido antes de probarlo) Las dependencias obligadas son también llamadas lógica dura.

- Dependencias Discrecionales

Las dependencias discretionales, son aquellas que son definidas por el equipo de administración de proyectos. Estas deben ser usadas con mucho cuidado (y completamente documentadas), ya que estas pueden limitar opciones futuras de programa.

Las dependencias discretionales, son usualmente definidas a partir de un conocimiento de:

“Prácticas Sanas” dentro de una particular área de aplicación algunos inusuales aspectos que se presenten en el proyecto, donde una secuencia específica sea deseada, aún cuando existan otras secuencias aceptables.

Las dependencias discretionales pueden también ser llamadas lógica preferida, lógica preferencial, o lógica blanda.

- Dependencias Externas

Las dependencias externas, son aquellas que involucran una relación entre las actividades de proyecto con otras que no lo son. Por ejemplo, la actividad de prueba en un proyecto de programas de sistemas, puede depender de la entrega de equipos de una fuente externa, pruebas de impacto ambiental de ruido deben ser hechas antes de hacer las preparaciones en el terreno para iniciar una construcción.

- Eventos Significativos

Estos deben formar parte de la secuencia de actividades, para asegurar que los requerimientos para alcanzar dichos eventos sean logrados.

### 1.10.6 Herramientas y Técnicas para Secuenciar las Actividades

- Método de Diagramación Precedente (MDP)

Es un método de construir un diagrama que usa cuadros o rectángulos (nodos), para representar las actividades y conectarlas con flechas que indican dependencia. Esta técnica también es conocida como nodo en actividad (NEA) y es el método usado por la mayoría de software para administración de proyectos. MDP, puede ser elaborado manualmente o con la ayuda de la parte de software, incluye cuatro tipos de relaciones de dependencia o procedencia.

- ✓ Terminación a comienzo, la iniciación del trabajo del sucesor depende de la terminación del trabajo del predecesor.
- ✓ Terminación a terminación la terminación del trabajo del sucesor, depende de la terminación del trabajo del predecesor.
- ✓ Comienzo a comienzo la iniciación del trabajo del sucesor depende del inicio del trabajo del predecesor.
- ✓ Comienzo a terminación la terminación del trabajo del sucesor depende del inicio del predecesor.

Sin embargo en el MDP, la forma Terminación a comienzo, es el tipo más comúnmente usado de relación lógica.

- Método de diagramas de flechas (MDF)

Este método de construcción de diagramas, usa flechas para representar las actividades y las conecta a nodos, para mostrar sus dependencias. Esta técnica también es conocida como flecha en actividad (FEA) y aunque es menos común que el MDP, es todavía la técnica escogida en algunas aéreas de aplicación.

El MDF usa solo dependencias del tipo terminación a comienzo y puede requerir el uso de actividades simuladas para definir todas las relaciones lógicas correctamente. Este método también puede realizarse de manera manual o con la ayuda de sistemas.

Existen otros tipos de técnicas que se utilizan para la realización de diagramas, tales como Métodos de diagramación condicional, patrones de diagramas, entre otras.

- Actualizaciones de Lista de Actividades

La actualización de diagramas de secuencia de actividades también se presenta en la secuencia de actividades estas pueden generar que sean divididas o redefinidas de otra manera para que el diagrama aparezca relacionado con una lógica correcta y actual.

### **1.10.7 Estimación de Duración de las Actividades**

El estimado de duración de actividades, es el proceso de toma de información del alcance del proyecto y de los recursos, para conformar las duraciones de las actividades y reflejarlas en el programa de proyecto. Los insumos para los estimados de duración, típicamente se originan de la persona o grupo de trabajo, que es mas conocedora de las actividades específicas del proyecto. El estimado es elaborado de manera progresiva para mayor exactitud y calidad además, las personas más relacionadas con las actividades específicas, deben velar por la aprobación del estimado de duración de las actividades. A continuación se describen los insumos requeridos para los estimados de duración del proyecto y posteriormente se presentan algunas de las herramientas y técnicas para la estimación de las actividades.

### **1.10.8 Insumos para el Estimado de Duración de Actividades**

- Requerimientos de recursos

La mayoría de las actividades será significativamente influenciada por los recursos asignados a ella. Por ejemplo, dos personas trabajando juntas podrán realizar una actividad o tarea, en la mitad del tiempo que demoraría realizarla una sola.

- Capacidad de los Recursos

La duración de la mayoría de las actividades estará significativamente influenciada por la capacidad de los recursos humanos y materiales asignados a ellas. Por ejemplo en una actividad encomendada a dos personas, la más experimentada se considerara que terminara primero.

- Información histórica

La información histórica acerca de la probable duración de un proyecto se basa en las informaciones previas de otros proyectos realizados, que guardan las organizaciones en:

- Archivos de proyectos:

Las organizaciones conservan registros de resultados de proyectos previos que están suficientemente detallados para auxiliar en el desarrollo de los tiempos estimados de duración.

- Bases de datos de estimados de duración:

Es información que con frecuencia las organizaciones guardan en caso de que se requiera saber basados en la experiencia cual es la duración y administración del tiempo de los proyectos.

### **1.10.9 Herramientas y Técnicas para la Estimación**

Duraciones basadas cuantitativamente:

Las actividades y cantidades a ejecutar para alguna categoría específica de trabajo, como por ejemplo (numero de planos, metros de cable, toneladas de acero, etc.) definidas por el esfuerzo de la ingeniería y el diseño, cuando se multiplican por la unidad de medida de la productividad por ejemplo (horas por plano, metros de cable por hora) pueden ser usados para estimar la duración de las actividades.

Tiempo de reserva (contingencia).

Los equipos de proyecto, pueden decidir, incorporar una franja de tiempo adicional, llamada tiempo de reserva, contingencia o colchón, que puede ser sumado a la duración de las actividades, o en cualquier otra parte del programa como forma de reconocer riesgos en el programa. Este tiempo de reserva, puede ser un porcentaje de la duración estimada, o un número convenido de jornadas de trabajo. El tiempo de reserva puede ser reducido o eliminado más tarde, cuando se tenga disponible información más precisa del proyecto. Este tiempo de reserva debe ser documentado como base de datos junto con otras suposiciones.

Resultantes de la estimación de actividades

Los estimados de la duración de las actividades son establecimientos cuantitativos del probable número de jornadas de trabajo que serán requeridas para la terminación de una actividad.

Los estimados de duración de las actividades, deben siempre incluir indicación sobre el rango de posibles resultados. Por ejemplo:

- ✓ Dos semanas y dos días más o menos; para indicar que la actividad va a durar al menos ocho días y no más de doce (considerando la semana de cinco días).
- ✓ 15 por ciento de probabilidad de exceder las tres semanas, para indicar con altas probabilidades de que la actividad durara tres semanas o menos.

#### **1.10.10 Desarrollo de Programa**

El desarrollo del programa significa determinar el inicio y la fecha de terminación de las actividades del proyecto. Si las fechas de inicio y terminación, no son realistas, es muy probable que el proyecto no se termine a tiempo. El proceso de programa, debe ser repetido frecuentemente antes de determinar el programa de proyecto. Por tanto se describen los insumos necesarios para el desarrollo del programa así como las herramientas y técnicas necesarias para llevarlo a cabo.

- Insumos para el desarrollo de programa

Entre los ítems importantes para el desarrollo de programa se encuentran:

- ✓ Diagramas de proyecto.
- ✓ Estimado de la duración de las actividades.
- ✓ Requerimientos de recursos.

Esto ítems ya fueron tratados en este documento con anterioridad

- Descripción del combinado de recursos

El conocimiento de cuales recursos estarán disponibles, en que tiempo y en qué manera, es necesario para el desarrollo de programa. Por ejemplo, recursos críticos o compartidos, pueden ser difíciles de programar, dado que su disponibilidad es altamente variable. La cantidad de detalle, y el nivel de especificidad en la descripción del combinado de recursos serán variables. Por ejemplo, uno solo sabe que dos consultores estarán disponibles en una particular fracción del tiempo, para el desarrollo preliminar de programa, de un proyecto a consulta, sin embargo, el programa final para el mismo proyecto, identifica cual consultor específico, estará disponible.

- Calendarios

Los calendarios de proyecto y recursos identifican los periodos en los que el trabajo es permitido. Los calendarios de proyecto afectan todos los recursos por ejemplo (algunos proyectos trabajaran solamente en el horario normal de trabajo, mientras otros lo harán en tres turnos completos) una semana de cinco días es un ejemplo de uso calendario. Los calendarios de recursos es un ejemplo de uso de calendario. Los calendarios de recursos afectan a una categoría especifica de estos por ejemplo (un miembro del equipo puede estar de vacaciones en un programa de capacitación un contrato de trabajo puede limitar ciertos trabajadores a ciertos días de la semana)

- Restricciones

Las restricciones, son factores que van a limitar las opciones de los miembros del equipo de administración de proyecto. Hay dos categorías principales de restricción de tiempo, consideradas durante el desarrollo del programa. Estas son:

- ✓ Las fechas impuestas: principio o fin de las actividades para que no ocurran restricción
- ✓ Eventos significativos: terminación de ciertas entregas del proyecto en una fecha especificada.
- Adelantos y retrasos  
Cualquiera de las dependencias del proyecto puede requerir de la especificación de un adelanto o un retraso para definir la relación de tiempo con exactitud.

Al control de programa le concierne; Influenciar los factores que generen los cambios de programa, para asegurar que estos sean convenidos, Determinar que el programa ha cambiado y Administrar los cambios cuando y como ocurran. Es por esta razón que el control del programa debe ser completamente integrado con los otros procesos de control.

### **1.10.11 Herramientas y Técnicas para el desarrollo de programa.**

#### Análisis matemáticos

Los análisis matemáticos, involucra calcular teóricamente fechas tempranas y tardías de inicio y terminación, para todas las actividades de un proyecto, sin tomar ninguna limitación en el combinado de recursos, las fechas resultantes no son las de programa,

pero van a indicar claramente los periodos de tiempo con que las actividades pudieran ser programadas, dadas las limitaciones de recursos y otras restricciones conocidas. Existen varios métodos y técnicas entre ellos se encuentran:

#### Método de Ruta Crítica (MRC)

Este calcula una singular, determinada, temprana y tardía fecha de inicio y terminación para cada actividad, basada en una secuencia lógica y una singular estimación de duración.

- Evaluación Gráfica y Técnica de Revisión (EGTR)  
Se realiza por medio de tratamiento de probabilidades y redes lógicas la estimación de duración de tiempo de actividades.

Existen además otro tipo de herramientas y técnicas tales como programas manuales y software que son ampliamente utilizados, para asistir al desarrollo del programa de actividades.

#### **1.10.12 Control de programa**

Los cambios del programa son eventos que se presentan y que generan variaciones en el desempeño del cronograma de actividades por tal razón al control del programa le concierne:

- a) Influenciar los factores que generen los cambios de programa de actividades, para asegurar que estos sean convenientes.
- b) Determinar que el programa ha cambiado.
- c) Administrar los cambios cuando y como ocurran

El control del programa debe ser completamente integrado con los otros procesos estos aspectos importantes se mencionan a continuación.

#### **1.10.13 Programa de proyecto**

El programa de proyecto es el que proporciona las bases para medir y reportar el desempeño del programa.

##### Reportes de desempeño

Los reportes de desempeño del programa, proporcionan información, acerca de las fechas planeadas que han sido alcanzadas y cuáles no, los reportes de desempeño, pueden

también alertar al equipo de proyecto sobre los sucesos o eventos que puedan causar problemas en el futuro.

Requerimientos de cambio muestran las posibles variaciones que pueden ocurrir y se dan de diferentes maneras, orales, escritos, directos o indirectos.



## ***ANEXO 2: INGENIERÍA BÁSICA***

## 2.1 Dibujos, bloques de título y revisiones

Los medios de comunicación han cambiado mucho durante los últimos 30 años. Lo que antes era de tinta sobre papel son ahora bytes en soporte magnético. Las mesas de dibujos son ahora las computadoras de escritorio. A pesar de estos cambios, algunos rasgos permanecen invariables por ejemplo, la plantilla de un dibujo aparece igual a como se hizo en el pasado. Las siguientes son las características de una plantilla:

- Tamaño de dibujo
- Borde
- Bloque de Título
- Historial de revisiones
- Referencias y notas

### Tamaño de los dibujos

El tamaño de los dibujos en los Estados Unidos se define por la norma ANSI / ASME Y14.1-1995 (R2002), el tamaño y formato de la hoja y el dibujo está dado en pulgadas y decimales de pulgadas. En ella se encuentra las dimensiones y características que componen un dibujo eficaz. El mercado también establece tamaño de la hoja en sí, sólo determinados tamaños están disponibles. En el estándar ANSI los tamaños de los dibujos se identifican con una sola letra:

	<b>Letra ANSI</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Margen</b>	<b>Usos Típicos</b>
<b>Tamaño libro</b>	A	8-1/2"x 11"	H-0.38, V-0.25"	Formas de especificación Detalles de instalación
	B	11" x 17"	H-0.38, V-0.62"	Diagramas de laso Detalles de Instalación
<b>Tamaño escritorio</b>	C	17"x22"	H-0.75, V-0.50	Diagramas de lógica Diagramas de interconexión
<b>Tamaño completo</b>	D	22"vx 34"	H-0.50, V-1.00"	PFD P&ID
	E	34" X 44"	H-1.00", V-0.50"	Gráficos a escala, Distribución en panel y cableado
otros tamaños menos comunes incluyen desde la F hasta la K				

Tabla 2: Tamaños de documentos ANSI para Dibujos de Ingeniería. Fuente [15].

En cierto modo, la función del dibujo determina el tamaño. Dibujos que acompañan a las especificaciones de texto son normalmente de tamaño "A", para que puedan ser fácilmente vinculados al documento principal. Los dibujos utilizados para la solución de problemas y mantenimiento se llevarán a campo, por lo que es útil cuando se pliegan fácilmente para caber en un bolsillo. Por lo tanto, los diagramas de lazo y detalles de instalación tienden a estar en tamaños "A" o "B". Los dibujos que se hacen a escala son normalmente de tamaño "D" o "E", ya que, a escalas típicas, la superficie disponible en el dibujo es representativa de un área razonable de las instalaciones.

El propietario o administrador de diseño de proyectos establece los tamaños de elaboración permitidos. Puede sonar trivial, pero una mezcla de tamaños de dibujos "C", "D" y "E" presenta un problema para almacenar los archivos de dibujo, archivadores de dibujos, e incluso para el almacenamiento de papel en las copadoras.

Los dibujos de tamaño "C" y "D" se han convertido en algo más común con la transición de las áreas de trabajo de oficina desde la redacción de las tablas a los escritorios estándar. Un dibujo de tamaño 17" x 22" (tamaño "C") o de 22" x 34" (tamaño "D") encaja perfectamente en un escritorio, sin embargo, la superficie disponible en el dibujo es lo suficientemente grande para uso práctico. Muchos dibujos no escalizados como P&ID y diagramas lógicos a menudo se desarrollan en el formato más grande "D" y "E", pero se trazan y se distribuyen como tamaño "C", o incluso de tamaño "B" por conveniencia, esto debido al ahorro en los costos inherentes a la reproducción y el espacio.

Existen algunos proyectos que incorporan varias copias de dibujos de tamaño "A" o "B" en una sola hoja de tamaño "E" para emisión y almacenamiento, esto realmente no es aconsejable. Se pierden las principales ventajas que ofrecen los pequeños dibujos. Desaparecen la portabilidad y la sencillez de la localización de un solo dibujo de un número de dibujo codificado. Un dibujo que contiene cuatro diagramas de lazo hará difícil relacionar los números de lazo para el número de dibujo. La localización de él dibujo correcto de una lista se hace más difícil.

## **2.2 Diagramas de tamaños no estándar**

Desde el punto de vista práctico, la sala de fotocopias sólo pueden almacenar tres tamaños de papel "A", "B" y "E". Los dibujos tienen que ser hechos a la medida uno de estos tamaños. Es posible ver, de primera mano, la dificultad en el manejo de dibujos de tamaños no estándar. ¿Alguna vez ha experimentado un atasco de la impresora de un documento que se encuentra en otro formato, o posiblemente un manual descargado de Internet? La impresora necesita instrucciones sobre cómo manejar la solicitud de tamaño

de papel inesperado. Los documentos de tamaño europeo son diferentes a los del continente americano. En Estados Unidos el papel ISO<sup>7</sup> métrico de texto es llamado A4, y es más estrecho y más alto que el papel 8-1/2 "x 11"

La Tabla 3 enumera las medidas europeas y americanas comparables. La rutina de impresión podría hacer la conversión automáticamente, pero el diseño del documento puede parecer extraño. Para los no preparados, trabajar en un proyecto internacional con oficinas en Europa y los EE.UU. puede ser molesto en ambos países, mientras que se desarrollan las herramientas o procedimientos de conversión.

	<b>Letra ISO</b>	<b>Tamaño</b> Ancho x Largo mm (pulgadas)	<b>como ANSI</b>	<b>Tamaño ANSI</b> Ancho x Largo pulgadas
<b>Tamaño libro</b>	A4	210 x 297 (8.3 x 11.7)	A	8-1/2"x 11"
	A3	297 x 420 (11.7 x 16.5)	B	11" x 17"
<b>Tamaño escritorio</b>	A2	420 x 594 (16.5 x 23.4)	C	17"x22"
<b>Tamaño completo</b>	A1	594 x 841 (23.4 x 33.1)	D	22"vx 34"
	A0	841 x 1189 (33.1 x 46.8)	E	34" X 44"

Tabla 3: Tamaños de documentos Europeos. Fuente [15].

Los proveedores de equipos no se guían por las normas de dibujo así como de los formatos en que esté instalado el equipo. En consecuencia, a pesar de todos los esfuerzos para mantener una norma en el tamaño de los dibujos, muchos dibujos de tamaños diferentes se pueden encontrar en los archivos del proveedor. Esto presenta un problema para manejar y archivar los dibujos de proveedores que van desde detalles de instalación "A" hasta un tamaño de un dibujo a escala de una máquina de papel o caldera que puede ser de 15 pies de largo.

La creciente utilización de dibujos electrónicos puede hacer el almacenamiento de dibujos un poco más fácil. Los dibujos a veces se entregan al cliente como archivos CAD estándar, suponiendo que las dos empresas tienen el mismo sistema, pero generalmente, los dibujos pueden ser intercambiados utilizando algún software universalmente legibles como

<sup>7</sup> ISO. *International Organization for Standardization*

Adobe Acrobat™. Estos son fáciles de almacenar y leer en un equipo de escritorio, sin embargo puede haber algunos problemas cuando se necesita una copia impresa.

## **Borde**

El Borde de dibujo es, por supuesto, el límite de dibujo. Sin embargo, se pueden añadir más características que son útiles. Para empezar, el estándar ANSI, por no hablar de los años de experiencia, pide un margen alrededor del dibujo. El margen proporciona una zona de sacrificio, donde día a día a los bordes del dibujo se les puede producir cambios sin perder datos. Los tamaños de margen de ANSI, como los muestra la Tabla 2 parecen ser manejados en muchas empresas como nuevas recomendaciones; muchas variaciones en el tamaño de margen puede ser experimentados. El borde de dibujo en sí es un rectángulo continuo que establece el esquema fijo de la Figura. Es el marco de la imagen. Las dimensiones del borde también se dan en la Tabla 2. Para los dibujos impresos en un plotter de papel cargados con distintos tamaños papel, se pueden añadir en cada esquina líneas cortas delgadas mostrando en la hoja de trabajo donde debe ser cortada. Las líneas de corte son normalmente alrededor de 1/2 "o 1" fuera de la línea gruesa se define el límite de dibujo. Las líneas de corte corresponden con el borde del papel. El papel plotter no suele graficar el borde del papel, por lo que una definición del borde es de gran ayuda. Un sistema de malla se puede añadir a cualquier dibujo para proporcionar una referencia cruzada, similar al que figure en un mapa de ruta. Por razones obvias, la red es probablemente más útil en los grandes dibujos de tamaño "C" o superior. La cuadrícula aparece entre la frontera y las líneas de corte. La malla o red está marcada con marcas cortas, a intervalos, cada 4-1/4 pulgadas o menos. Secciones resultantes se identifican con números secuenciales y letras en los bordes horizontales y verticales. Al referirse a la ubicación de, por ejemplo, una válvula de control de un P&ID, puede utilizar la red para proporcionar el área general para buscar el dispositivo, por ejemplo "malla C-9". El componente es rápidamente situado en la zona C vertical y horizontal en la zona 9

## **Bloques de título**

El bloque de título es la característica más conocida de una plantilla de dibujo. Casi todos los bloques de títulos se colocan en la esquina inferior derecha de un dibujo. La Figura 9 muestra una típica disposición de bloque de título constituido por los elementos siguientes:

Diseñado por	Fecha	Logo Dueño	Edificio		
		Financiamiento No	Área		
Dibujado por	Fecha	Logo diseñador	Tipo de dibujo		
		Contrato No			
Revisado por	Fecha	Estampilla PE	Tipo de dibujo		
Aprobado por	Fecha		escala	tamaño de letra	No de dibujo

Figura 9: bloque de título típico. Fuente [14].

El número de dibujo aparece en la esquina inferior derecha de un dibujo, inmediatamente a la izquierda de la revisión de dibujo. Los números de dibujo son generalmente codificados con letras y números que definen la función del dibujo. El número de dibujo puede indicar la instalación en el sitio, la preparación de la disciplina del dibujo, área de la instalación a la que el dibujo se aplica, el tipo de dibujo, y un número secuencial. Para los dibujos ortográficos, el número de orden también puede ser codificado con el piso, la sección de la red y elevación. Hay tantos esquemas de numeración de dibujo, como facultades que tienen los dibujos. Sin embargo, los mejores sistemas codifican la información útil en el número para hacer la ubicación del dibujo y la clasificación más fácil.

### Numeración de dibujos y escalas

Si se espera que el dibujo tenga varias hojas, una "hoja de llamado o búsqueda" se proporciona como parte de la plantilla. Lógicamente, la llamada hoja de llamado aparece a la derecha del número de dibujo, y se pre-establece en el formulario: Hoja X de Y. Es más ordenado saber cuántas hojas son necesarias. El número de la hoja puede ser incluido en la línea de título del bloque en sí mismo cuando se producen varias hojas en una plantilla de dibujo que no tiene ninguna disposición para la numeración de la hoja. Por ejemplo, nuevos equipos fueron agregados a un P&ID, pero no había suficiente espacio para añadirlo en la hoja existente. Los P&ID se supone que aparecen en orden de proceso, por lo que se decide dividir el conjunto P&ID "completo" en dos hojas, agregando el equipo adicional en el nuevo espacio. El título de los P&ID entonces sólo tendría agregado el texto "Hoja 1 de 2", Posiblemente poco elegante, pero funciona.

La escala principal del dibujo, por ortográfica o sección dibujos, se define en un cuadro dedicado en el bloque de título. Puede haber casos en un dibujo cuando un área específica se señala a una escala diferente, pero esa escala de zona especial se define en la sección o el título de detalle. Para P&ID, diagramas de lazo y otros dibujos sin escala, el espacio de escala debería decir "ninguno" o alguna declaración similar.

ANSI / ASME Y14.1 recomiendan la identificación del tamaño del dibujo mediante la adición de un bloque que muestra la designación de la letra tamaño ANSI. Esta práctica es cada vez menos común, pero cuando los dibujos se presentan por tamaño en diferentes cajones de archivo plano, sabiendo que el dibujo que está buscando es una hoja de tamaño "B" puede ser información importante para buscar en el cajón correcto. Si los dibujos se almacenan electrónicamente, como muchos se hacen ahora, conocer el tamaño puede ser menos importante. Además, si el nivel de dibujo está en orden y el esquema de numeración del dibujo es eficaz, añadiendo una casilla independiente para el tamaño se convierte en superfluo.

La revisión se presenta normalmente en la esquina inferior derecha del dibujo, aunque algunos se basan en la mesa de revisión sólo para llevar a esta información. Si la casilla de revisión se presenta en la parte inferior derecha, debe haber una tabla en otra parte del dibujo que detalla la historia de revisión.

### **Títulos de dibujos**

Los títulos de dibujo son por lo general varias líneas, algunas veces cinco, y como mínimo una sola línea. Cuando se utilizan varias líneas, cada línea debe representar la misma información para cada dibujo dentro de la instalación. Una convención línea típica se presenta en la Figura 9.

- **Instalaciones (*facility*):** Información opcional, el nombre del complejo industrial.
- **Área o división:** Normalmente siempre subconjunto del complejo industrial o entidad de mobiliario o que utilizar los dibujos.
- **Tipo de dibujo:** La función o el propósito del dibujo. Esta información puede ser codificada en el número de dibujo, pero es útil decirle a los que utilizan el dibujo de su fin, incluso cuando es evidente, tipos como " Diagrama de Flujo de Proceso ", "P&ID", " Diagrama de lazo ", o " planos de localización " se pueden encontrar.
- **Título del Dibujo:** Este es realmente el campo de título principal del bloque de título. El título debe describir claramente la información contenida en su interior. Para un P&ID, el equipo debe ser representado en la lista, en lugar de los Menos útiles "Área de Proceso, hoja 1 de 3" etc. que a veces sucede. El título debe explicar a los lectores en una lista exactamente lo que el dibujo contiene. Para un diagrama de lazo, la casilla "Servicio" que aparece en la lista de instrumentos y en los formularios de la especificación se puede utilizar.

### **Información del propietario**

La identificación del propietario del recurso es, probablemente, solicitado por los estándares de dibujo del sitio, generalmente a través de la incorporación de un logotipo de la empresa. El tamaño del logotipo debe equilibrar el tamaño del espacio del dibujo. Logos grandes dejan poco espacio para dibujar. Muchas instalaciones requieren la incorporación de información sobre financiación en la elaboración del bloque de título, es decir, con indicación del número contabilidad bajo el cual se diseñará y ejecutará el proyecto.

### **Información del diseñador**

Incluye tanto la información requerida y la información que el diseñador desea añadir. La entidad que se ha encargado del diseño del dibujo en la gran mayoría de ocasiones añade su logotipo de empresa, algunos propietarios fijan los límites de logotipos de la empresa de diseño mediante la creación de un espacio fijo dentro del bloque de título a tal efecto. Es muy útil para la empresa de diseño tener un espacio para agregar su número de contrato, esto hace que sea más sencillo el seguimiento de tiempo de diseño e incluso la presentación de los dibujos.

### **Notas de dibujo**

Las notas de dibujo se deben colocar, al igual que otras características del dibujo, en el mismo lugar que todos los planos para que sea consistente. Las notas se enumeran correlativamente y puede ser referenciado el cuerpo del dibujo. En la sección de nota se proporciona espacio para una descripción más extensa que no cabe dentro del cuerpo del dibujo. Algunas compañías tienen éxito con las notas de la construcción por separado, es decir, notas a los contratistas que no deben existir después de la instalación. Ver la Figura 10.



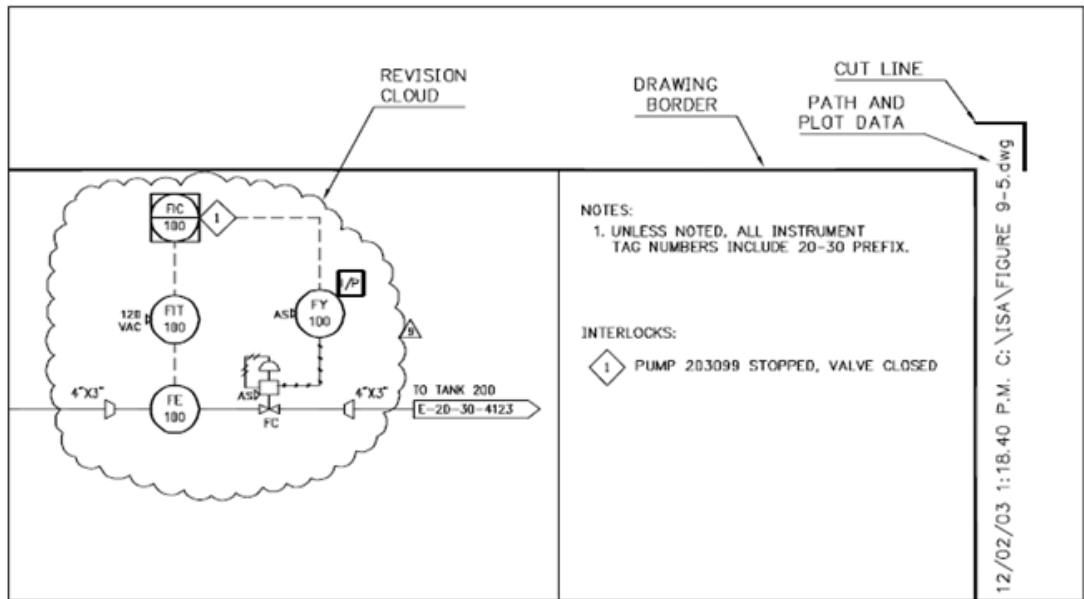


Figura 10: Notas y nubes de revisión. Fuente [12].

### 2.3 Tablas de referencia

Los documentos de referencia para construir el dibujo se muestran en la tabla de referencias. El uso de esta tabla es un tanto limitada para la instrumentación y diagramas de control de lazo por esto, es mejor hacer referencia al P&ID que contiene el bucle. Los planos de ubicación en cambio normalmente no se hacen como referencia en los diagramas de lazo, ya que la información usualmente es contenida en el índice de instrumento. Sin embargo, sus procedimientos pueden variar. Diagramas de lógica elemental y, posiblemente, diagramas eléctricos deberá hacer referencia al P&ID que muestran los equipos para los que está escrita la lógica.

# ***ANEXO 3: INGENIERÍA DETALLADA***

### **3.1 Detalles de instalación de instrumentos [15]**

El formato para el detalle de instalación de instrumento es usualmente 8.5" x 11" (ANSI "A") para conveniencia del instalador el cual instala un accesorio a la vez. Algunas veces la lista de materiales que acompaña al detalle de instalación es una impresión aparte tamaño "A". Otras veces los dos documentos se imprimen en la misma hoja de 11" x 17". En cualquier caso, el sistema de numeración debe permitir el fácil acceso a la lista de materiales en el detalle de instalación.

No es aconsejable utilizar ni un formato más grande ni combinar más de un detalle de instalación en el mismo documento. Se debe pensar en el usuario final. Hay excepciones a reglas extranjeras. La principal excepción ocurre cuando la hoja es un documento de instrucción para uso por parte del ingeniero en oficina.

El estilo de las graficas puede ser ortogonal o isométrico. Un estilo isométrico permite disponer en distintas posiciones. Al mismo tiempo, permite al instalador libertad en la elección de dimensiones.

Los números de gráficos difieren de compañía a compañía. Por lo general el subcontratista de instalación primero (1) revisa el diagrama de flujo de ingeniería para observar los detalles generales de qué va a ser instalado, segundo (2) revisa la etiqueta del instrumento en la lista de instrumentos, tercero (3) encuentra el o los detalles de instalación que son aplicables y cuarto (4) instala el instrumento de acuerdo a las instrucciones dadas en el detalle de instalación de instrumento. La Figura 11 muestra un detalle de instalación múltiple.

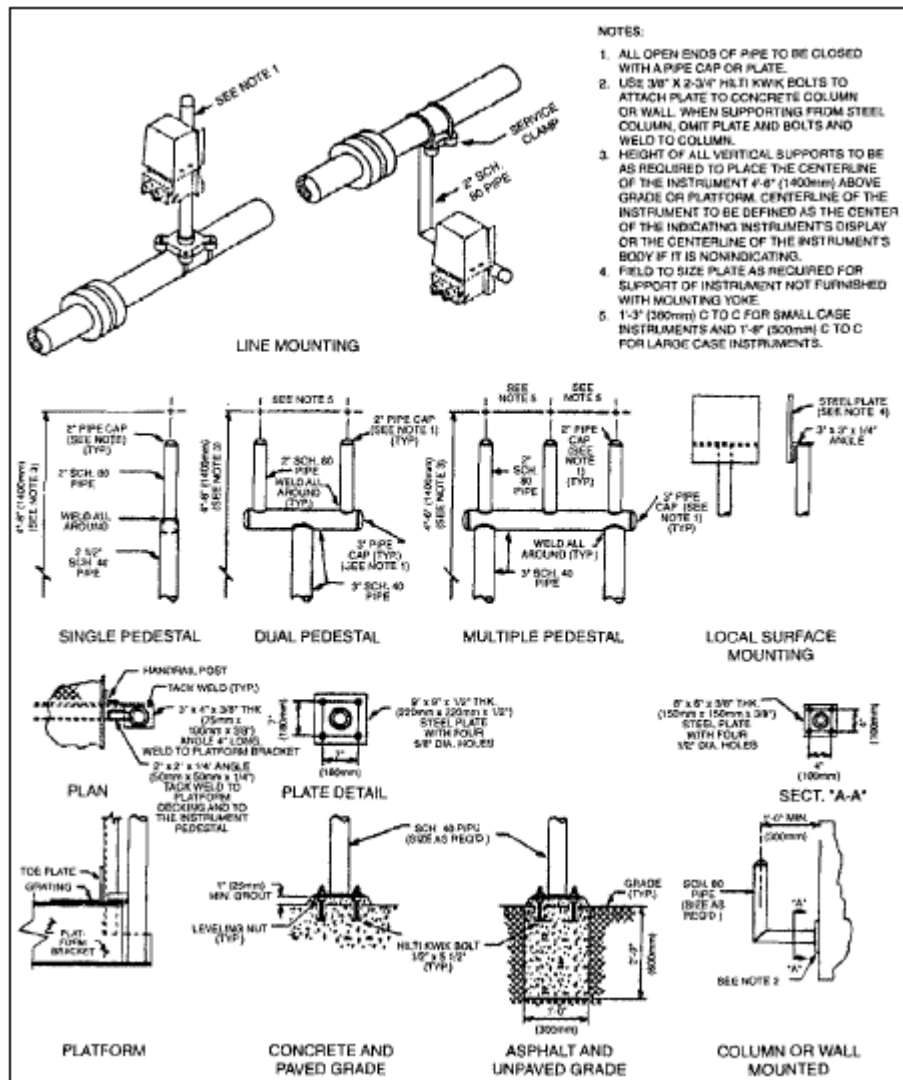


Figura 11: Detalle de instalación múltiple. Fuente [12].

### 3.2 Dibujos por categorías de instrumentos

Este método de categorización es la forma en la que usualmente se hacen los detalles de instalación. Cuando hay una nueva instalación se hace a través de detalles que ya han sido hechos antes en esa categoría en particular. Unas pocas adiciones y modificaciones producirán un nuevo detalle de instalación. Dentro de las categorías se pueden encontrar:

- Instrumentos de flujo de orificio
- Instrumentos de presión
- Instrumentos de nivel
- Instrumentos diversos.

### **3.3 Paneles de Control**

Los paneles de control se dividen usualmente en dos categorías principales: local y remoto. "local" hace referencia de proximidad al proceso. "remoto" hace referencia lejos del proceso. Remoto es sinónimo de central donde la palabra central se usa para decir centralizado, por ejemplo cuando señales de toda la planta llegan a una localización central. El panel de control es la interfaz entre el operario y el proceso y se debe diseñar con estas dos ideas en mente.

La primera idea es que el operador puede tener control efectivo sobre un proceso solo si recibe y comprende la información entrante y puede tomar la acción correctiva apropiada. Entonces el panel debe ser diseñado teniendo en cuenta el alcance del operador.

La segunda idea es que el equipo debe ser mantenido. El técnico de mantenimiento debe tener acceso a los instrumentos y los componentes claves facilidad de reparo y cambio.

#### **Interfaz Operador Máquina**

En términos del diseño de panel, la ingeniería humana significa estudiar las capacidades físicas y psicológicas de operarios calificados y diseñar y construir equipos que permitan a esos operadores funcionar lo más eficientemente posible.

Se debe estudiar las materias, el operador y la interfaz. La Figura 12 y la tabla 4 muestran las dimensiones del cuerpo normalmente asociadas con la instrumentación. Aunque la materia de ingeniería humana es muy interesante, el propósito de este documento es discutir las aplicaciones prácticas de símbolos e identificación.

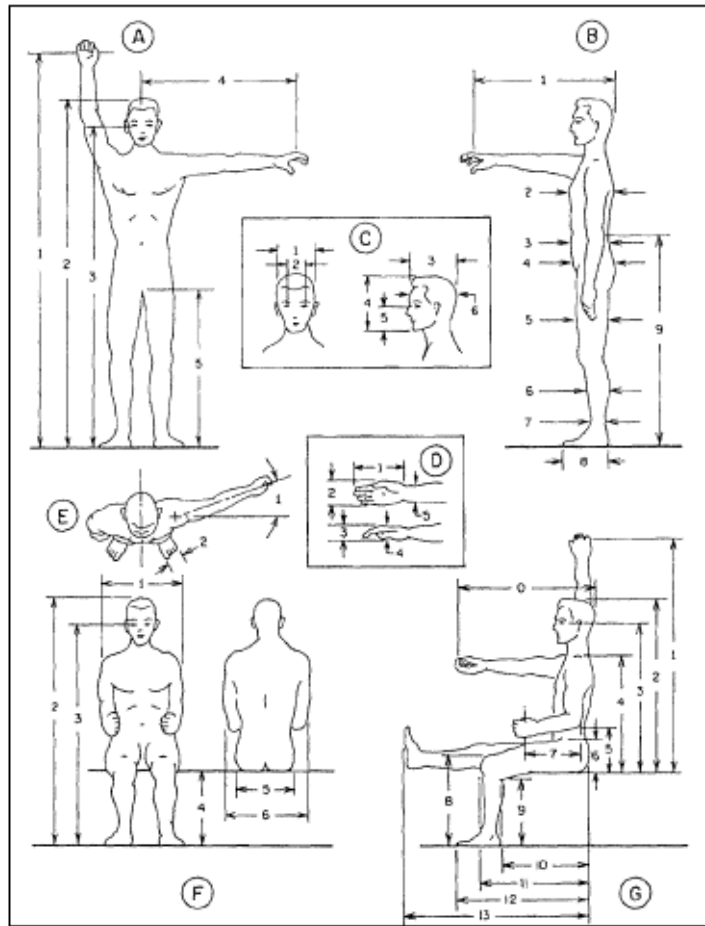


Figura 12: Dimensiones del cuerpo humano. Fuente [12].

Dimensional Element		Dimension in inches (in) except where noted	
		5th Percentile	95th Percentile
Weight in pounds (kg)		132 (59.4)	201 (90.5)
A	1 Vertical reach	77.0 (1.9)	89.0 (2.2)
	2 Stature	65.0 (1.6)	73.0 (1.8)
	3 Eye to floor	61.0 (1.5)	69.0 (1.7)
	4 Side arm reach from center line of body	29.0 (0.7)	34.0 (0.8)
	5 Crotch to floor	30.0 (0.75)	36.0 (0.9)
B	1 Forward arm reach	28.0 (0.7)	33.0 (0.8)
	2 Chest circumference	35.0 (0.87)	43.0 (1.1)
	3 Waist circumference	28.0 (0.7)	38.0 (0.95)
	4 Hip circumference	34.0 (0.8)	42.0 (1.1)
	5 Thigh circumference	20.0 (0.5)	25.0 (0.6)
	6 Calf circumference	13.0 (0.3)	16.0 (0.4)
	7 Ankle circumference	8.0 (200 mm)	10.0 (250 mm)
	8 Foot length	8.8 (245 mm)	11.3 (283 mm)
	9 Elbow to floor	41.0 (1.0)	46.0 (1.2)
C	1 Head width	5.7 (143 mm)	6.4 (160 mm)
	2 Interpupillary distance	2.27 (56.75 mm)	2.74 (68.5 mm)
	3 Head length	7.3 (183 mm)	8.2 (205 mm)
	4 Head height	—	10.2 (255 mm)
	5 Chin to eye	—	5.0 (125 mm)
	6 Head circumference	21.5 (0.54)	23.5 (0.59)
D	1 Hand length	6.9 (173 mm)	8.0 (200 mm)
	2 Hand width	3.7 (82.5 mm)	4.4 (110 mm)
	3 Hand thickness	1.05 (26.25 mm)	1.28 (32 mm)
	4 Fist circumference	10.7 (267.5 mm)	12.4 (310 mm)
	5 Wrist circumference	6.3 (39.7 mm)	7.5 (186 mm)
E	1 Arm swing, aft	40 degrees	40 degrees
	2 Foot width	3.5 (87.5 mm)	4.0 (100 mm)
F	1 Shoulder width	17.0 (0.4)	19.0 (0.48)
	2 Sitting height to floor (std chair)	52.0 (1.3)	56.0 (1.4)
	3 Eye to floor (std chair)	47.4 (1.2)	51.5 (1.3)
	4 Standard chair	18.0 (0.45)	18.0 (0.45)
	5 Hip breadth	13.0 (0.3)	15.0 (0.38)
	6 Width between elbows	15.0 (0.38)	20.0 (0.5)
G	0 Arm reach (finger grasp)	30.0 (0.75)	35.0 (0.88)
	1 Vertical reach	45.0 (1.1)	53.0 (1.3)
	2 Head to seat	33.8 (0.84)	38.0 (0.95)
	3 Eye to seat	29.4 (0.7)	33.5 (0.83)
	4 Shoulder to seat	21.0 (0.52)	25.0 (0.6)
	5 Elbow rest	7.0 (175 mm)	11.0 (275 mm)
	6 Thigh clearance	4.8 (120 mm)	6.5 (162 mm)
	7 Forearm length	13.6 (340 mm)	16.2 (405 mm)
	8 Knee clearance to floor	20.0 (0.5)	23.0 (0.58)
	9 Lower leg height	15.7 (393 mm)	18.2 (455 mm)
	10 Seat length	14.8 (370 mm)	21.5 (0.54)
	11 Buttock-knee length	21.9 (0.55)	36.7 (0.92)
	12 Buttock-toe clearance	32.0 (0.8)	37.0 (0.93)
13 Buttock-foot length	39.0 (0.98)	46.0 (1.2)	

Tabla 4: Dimensiones del cuerpo humano. Fuente [12].

### Gráficas típicas del panel de cuarto de control central

Un gráfico típico del panel de cuarto de control central incluirá más información necesaria por el fabricante del panel que el panel. Por ejemplo este muestra usualmente una pequeña vista de plano del cuarto de control en sí para dar una orientación global de las tolerancias para el acceso y el radio de giro de las puertas. El dibujo generalmente muestra una planta, elevación frontal, una o dos secciones y contiene la siguiente información:

- La altura global, dimensiones de longitud y profundidad
- Localización de instrumentos y dimensiones de la línea central
- Localización de etiquetas e inscripciones
- Localización de puertas de acceso, tamaños y tolerancias de giro

- Bordes, pisos de computación, plataformas o elevaciones de concreto
- Localización de terminales con tolerancias típicas y métodos de ruta de cableado
- Localización de conductos, cables, tuberías

La información esencial se transmite al fabricante generalmente en un solo dibujo. El dibujo define la localización y dimensiones que el diseñador desea pero deja al fabricante cierta libertad de elegir las características detalladas de diseño.

La Figura 13 da una idea de cómo mostrar la localización de secciones específicas, tolerancias.

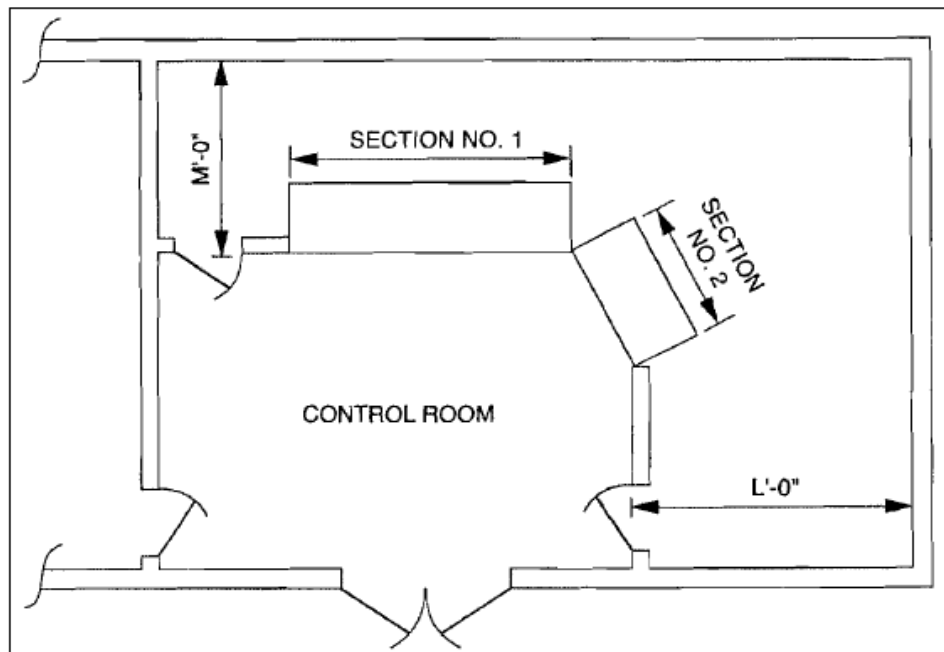


Figura 13: Plano de piso. Fuente [12].

La Figura 14 es la elevación frontal de una sección del panel. Esta muestra como especificar el centro de cortes, dejando dimensiones de corte exactas al fabricante obtenido de los dibujos asociados al instrumento.



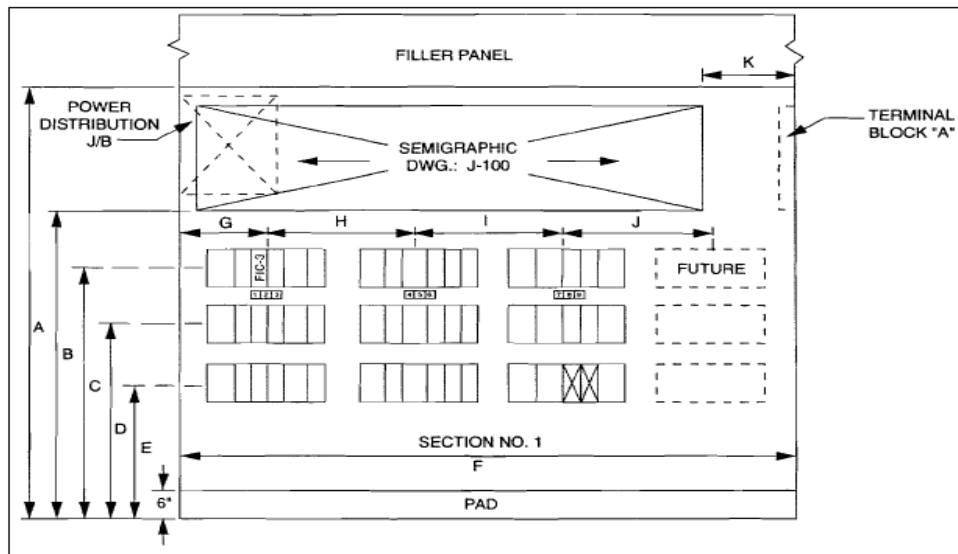


Figura 14: Elevación frontal del panel. Fuente [12].

### 3.4 Localización de instrumentos

Los gráficos de localización de instrumentos son usualmente un diagrama de planta. La Figura 15 es un ejemplo de una localización de instrumentos. Los diagramas de localización a menudo usan como fondo una distribución de tubería de la cual se han removido detalles no esenciales. A él se le agregan banderas de instrumentos (círculos que contienen el número de etiqueta) junto con líneas apuntando la localización exacta del instrumento.

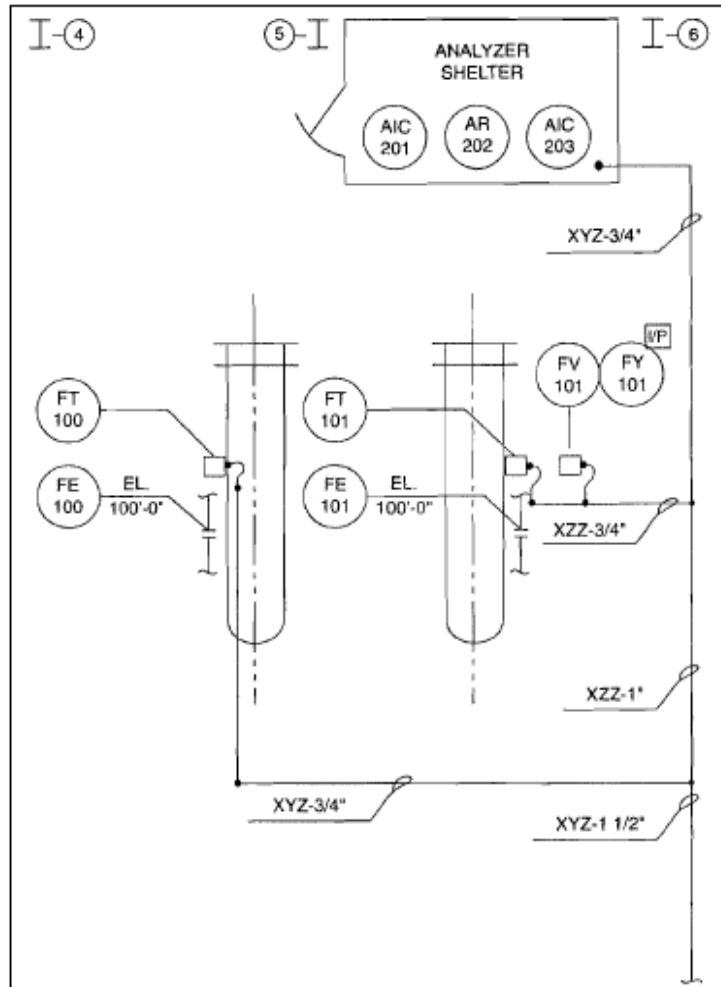


Figura 15: Dibujo de localización. Fuente [12].

## ***ANEXO 4: EJECUCIÓN***

## **4.1 PROTOCOLOS DE PRUEBAS Y MANTENIMIENTO [16]**

Con el propósito de unificar los conceptos y criterios técnicos sobre las diferentes actividades que se realizan para la implementación de los programas de mantenimiento y en especial para que el personal que interviene en una u otra forma en el sistema, maneje el mismo vocabulario, es pertinente definir los términos de mayor uso en las actividades de pruebas y mantenimiento.

### **PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Son 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 deben realizarlas el personal técnico capacitado en cada uno de los diferentes equipos.

### **TIPOS DE MANTENIMIENTO**

#### **Mantenimiento Preventivo**

Se define como la acción técnica administrativa que se lleva a efecto para el cuidado e inspección sistemático de un equipo o elemento. Con el propósito de mantenerlos en buen estado de funcionamiento, evitar y detectar fallas menores antes de que estas se conviertan en defectos mayores.

La aplicación del mantenimiento preventivo permite que los equipos y sistemas automatizados funcionen a plena capacidad técnica y elimina los posibles riesgos de quedar fuera de servicio, ocasionando paradas largas por averías graves, lo cual proporciona grandes costos.

El programa de mantenimiento preventivo se basa en inspecciones diarias o rutinas semanales y en algunos casos acciones inmediatas al presentarse la falla, por ejemplo, una pieza por desgaste o mala lubricación las cuales no estaban programadas.

#### **Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo, es la acción técnica administrativa que se utiliza cuando un equipo e instalación ha dejado de funcionar o lo hace defectuosamente y se tiene que entrar a reparar. Esto origina cargas de trabajo incontrolables que causan grandes actividades, equipos fuera de uso por largos tiempos, lo cual ocasiona sobre costos por

pago de trabajos extras, compra de materiales y repuestos en forma inmediata. En resumen son las consecuencias lógicas cuando se sufre un accidente inesperado.

### **Mantenimiento Predictivo**

Es más una filosofía que un método de trabajo. Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio; se usa para ello instrumentos de diagnóstico y pruebas no destructivas. Por ejemplo, permite estimar la vida que le resta a un equipo, aislamiento, rodamientos, recipientes, motores, etc.

***ANEXO 5: APLICACIÓN DE LA  
RECOMENDACIÓN AL CASO DE  
ESTUDIO***

**MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA PLANTA  
GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO DEL LABORATORIO DE  
HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**APLICACIÓN INGENIERÍA CONCEPTUAL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN  
PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

**Director  
Mag. JUÁN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA  
Docente**

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

## **TABLA DE CONTENIDO APLICACIÓN DE LA INGENIERIA CONCEPTUAL**

		<b>Pág.</b>
	INTRODUCCIÓN	73
1	IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS EN LA PLANTA CASO DE ESTUDIO	74
1.1	Características del proceso en la práctica de laboratorio	74
2	PROPUESTA DE LAS ALTERNATIVAS	75
2.1	Propuesta o Alternativa 1	75
2.2	Propuesta o Alternativa 2	76
3	SELECCIÓN DE LA PROPUESTA O ALTERNATIVA	79
4	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y DE PROCESO DEL SISTEMA	83
4.1	Estrategia 1	83
4.2	Estrategia 2	83
5	DIAGRAMA DE PLANTA Y PROCESO PLANTEADO	84
6.	DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO	85
6.1	Instrumentos	85
6.2	Sensores finales de carrera	85
6.3	Equipos	85
7	ESTUDIO DE VIABILIDAD	87
8	RECOMENDACIONES TÉCNICAS	88
8.1	Características de la zona	88
8.2	Códigos, Estándares y Procedimientos aplicables	88



8.3	Descripción de los alcances del proyecto	89
8.4	Desarrollo de Actividades	89
8.5	Cronograma preliminar de actividades	90
8.6	Personal requerido	91
8.7	Entrega del informe final mediante medios físicos	91
9	LISTA PRELIMINAR DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS	92
10	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	93
11	COSTO DEL PROYECTO	94

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro de las diferentes áreas del conocimiento y en especial, en el ámbito de la ingeniería, la toma de mediciones constituye un papel fundamental, pues es la que permite establecer comparaciones de magnitudes físicas tanto de objetos, así como de eventos que ocurren en el mundo real.

Por tanto al considerar el caso particular de la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio, del laboratorio de hidráulica de ingeniería civil, y realizar la práctica de laboratorio, se pudo establecer que esta carece de los instrumentos necesarios para ser realizada a satisfacción. Por esta razón, se pretende llevar a cabo la instrumentación necesaria y posterior automatización, que permita la toma de medidas de las variables caso de estudio, de un modo claro y confiable, para su posterior análisis y tratamiento de la información.

En otras palabras gracias al uso de herramientas tecnológicas se permitirá estudiar las características y el comportamiento del fenómeno de sobrepresión o golpe de ariete en una conducción con una chimenea de equilibrio de un modo diferente y verificar así los planteamientos teóricos.

## **1. IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS EN LA PLANTA CASO DE ESTUDIO**

Para realizar las diferentes propuestas o alternativas que brinden solución en las dificultades presentes, en la toma de mediciones de la práctica golpe de ariete y chimenea de equilibrio, se realizó una reunión inicial con el grupo de ingenieros a cargo del laboratorio de hidráulica; esto con el fin de definir conceptos, características y principales requerimientos de la práctica, además se llevaron a cabo sesiones independientes con cada uno de ellos para tener en cuenta su criterio personal y obtener la información necesaria que permita proyectar los posibles escenarios de automatización.

### **1.1 Características Del Proceso En La Práctica De Laboratorio**

El objetivo principal del proceso y de la práctica, es estudiar las características y el comportamiento de la sobrepresión producido en las paredes de una conducción, cuando el movimiento de un líquido es modificado bruscamente. Para ello en la realización de esta práctica, y con respecto a la planta, se identificaron los siguientes requerimientos:

- A) Nivel constante en el tanque de almacenamiento.
- B) Medición del Flujo o Caudal de salida.
- C) Medición de las subpresiones y sobrepresiones en la chimenea de equilibrio.
- D) Medición del tiempo en el cambio de la posición de la válvula.
  - Visualización de las variables anteriores.
  - Registro de la información del comportamiento de dichas variables.

## 2. PROPUESTA DE LAS ALTERNATIVAS

Luego de realizar la recopilación de los requerimientos que se ven involucrados en el desarrollo de la práctica Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio se proponen los siguientes escenarios de instrumentación y automatización.

### 2.1. Propuesta o Alternativa 1

Instrumentación de la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio:

Según las necesidades de la planta es posible instalar instrumentos que permitan medir las variables inherentes al proceso.

#### *Proceso*

El proceso inicia con el llenado del tanque, este se realiza con una motobomba que es manipulada por el auxiliar del laboratorio, por medio de un interruptor manual con el que se da inicio y parada.

Es importante mencionar que en esta propuesta, solo se realizará la instalación de instrumentos de medida y por tanto no habrá una implementación de un lazo cerrado de control para que el sistema trabaje de modo automático, por esta razón mantener el nivel en régimen permanente será una tarea de tener la motobomba en funcionamiento o no, según la medida requerida, visualizada con la ayuda del instrumento de medida.

Variables a medir:

- A) NIVEL EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO
  - Instalar en el tanque un transmisor de presión absoluta que permita monitorear el nivel.
  - La visualización del nivel en el tanque será por medio de un *pantalla* incorporado en el instrumento de medición
  - El registro de la información se realizará de modo manual, por el usuario, visualizando la pantalla y adquiriendo los datos entregados por el instrumento de medición.
  
- B) MEDICIÓN DEL FLUJO O CAUDAL DE SALIDA

- Instalar en la tubería, un conjunto compuesto por una platina de orificio y bridas que permitirán, la toma de datos a un transmisor de presión diferencial, con el cual se medirá el caudal.
  - La visualización del flujo en la tubería será por medio de una pantalla incorporada en el instrumento de medida.
  - El registro de la información se realizará de modo manual, por el usuario, visualizando la pantalla y adquiriendo los datos entregados por el instrumento de medición.
- C) MEDICIÓN DE LAS SUBPRESIONES Y SOBREPRESIONES EN LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO.
- Instalar en la chimenea de equilibrio, un transmisor de presión diferencial, que permitirá la medición de las subpresiones y sobrepresiones piezométricas del sistema.
  - La visualización de las sobrepresiones en la chimenea de equilibrio será por medio de un pantalla incorporado en el instrumento de medida.
  - El registro de la información se realizará de modo manual, por el usuario, visualizando la pantalla y adquiriendo los datos entregados por el instrumento de medición.
- D) MEDICIÓN DEL TIEMPO EN EL CAMBIO DE LA POSICIÓN DE LA VÁLVULA
- Se realizará la instalación en la válvula, de un sensor de posición, que enviará como señal el cambio de posición de la válvula.
  - La visualización del tiempo en el cambio de posición de la válvula, será por medio de un instrumento de medida adaptado al sistema.
  - El registro de la información se realizará de modo manual, por el usuario, visualizando el pantalla del instrumento de medida.

## 2.2. Propuesta o Alternativa 2

Instrumentación y Automatización de la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio

*Proceso:*

El proceso inicia con el llenado del tanque, el cual se realiza por medio de una motobomba hasta un nivel deseado o *set point*; este será seleccionado por el auxiliar del laboratorio.

En esta propuesta se implementará un lazo de control realimentado, el cual permitirá la detección automática del estado de la variable a controlar, manteniéndola siempre en el valor de consigna deseado. Por otra parte las variables serán visualizadas para su monitoreo y posterior procesamiento de la información.

VARIABLES A MEDIR:

E) NIVEL EN EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

- Instalar en el tanque un Transmisor de presión absoluta que permita monitorear el nivel.
- La visualización del nivel en el tanque se hará por medio de una pantalla incorporada en el instrumento de medida. Así como también con un SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos), que permitirá el monitoreo completo de la planta caso de estudio en una pantalla de supervisión.

El registro de la información se podrá realizar de dos formas:

- Modo\_1: Visualizando la pantalla del instrumento y adquiriendo los datos entregados por este al usuario.
- Modo\_2: Por medio de una pantalla de supervisión, el cual entregará una información mucho más detallada del funcionamiento de la planta.

F) MEDICIÓN DEL FLUJO O CAUDAL DE SALIDA

- Instalar en la tubería, un conjunto, compuesto por una platina de orificio y bridas con la cual se hará la toma de datos a un Transmisor de presión diferencial, que permita monitorear el caudal.
- Visualización del flujo en la tubería por medio de una pantalla incorporada en el instrumento de medida. Así como también con un SCADA, que permitirá el monitoreo completo de la planta caso de estudio en una pantalla de supervisión.

El registro de la información se podrá realizar de dos formas:

- Modo\_1: Visualizando la *pantalla* del instrumento y adquiriendo los datos entregados por este al usuario.
- Modo\_2: Por medio de una pantalla de supervisión, el cual entregará una información mucho más detallada del funcionamiento de la planta.

G) MEDICIÓN DE LAS SUBPRESIONES Y SOBREPRESIONES EN LA CHIMENEA DE EQUILIBRIO.

- Instalar en la chimenea de equilibrio, un Transmisor de presión diferencial, que permita la medición de las subpresiones y sobrepresiones piezométricas del sistema.

- Visualización de las sobrepresiones en la chimenea de equilibrio por medio de una *pantalla* incorporada en el instrumento de medida. Así como también un SCADA, que permita el monitoreo completo de la planta caso de estudio.

El registro de la información se podrá realizar de dos formas:

- Modo\_1: Visualizando el *pantalla* del instrumento y adquiriendo los datos entregados por este al usuario.
- Modo\_2: Por medio de una pantalla de supervisión, el cual entregara una información mucho más detallada del funcionamiento de la planta.

#### H) MEDICIÓN DEL TIEMPO EN EL CAMBIO DE LA POSICIÓN DE LA VÁLVULA

- Instalar en la válvula, un sensor de posición, que envíe como señal el cambio de posición de la válvula.
- Visualización de la variable cambio de posición, por medio de la señal enviada a un sistema de supervisión, que permita el monitoreo completo de la planta.

El registro de la información se podrá realizar de dos formas:

- Modo\_1: Visualizando el pantalla del instrumento y adquiriendo los datos entregados por este al usuario.
- Modo\_2: Por medio de un computador con un SCADA, el cual entregará una información mucho más detallada del funcionamiento de la planta.

### 3. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA O ALTERNATIVA

A continuación en la Figura 1 se presenta la selección de la alternativa que se considera de mayor viabilidad para llevar a cabo la automatización de la planta GACHE.

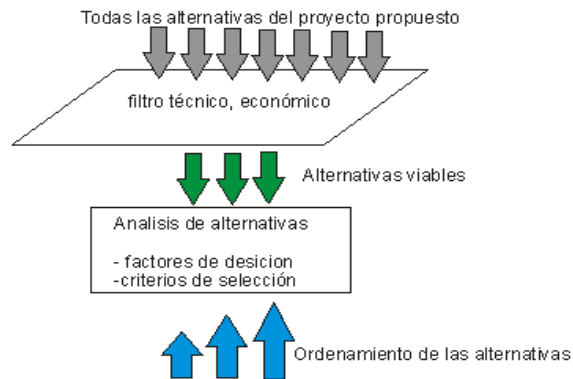


Figura 1. Selección de propuestas o alternativas. Fuente propia.

El primer paso es precisar cuáles son los factores que inciden en la selección de una alternativa. Se han determinado varios de estos factores que corresponden a las alternativas elementales, a saber:

- Tamaño
- Proceso
- Localización
- Características técnicas
- Costos y rentabilidad

Es importante reconocer dentro de los componentes del proyecto la parte de insumos, procesos y productos, para determinar la relevancia del proyecto y su impacto con el entorno. A continuación se presenta la Tabla1 en la que se muestra la matriz de resultados para la selección de 3 alternativas propuestas con respecto a los posibles escenarios de automatización que se pueden llevar a cabo. Esto con relación a la ingeniería conceptual y el planteamiento de las diferentes opciones elaborada para la planta GACHE\_1.



Tabla 1. Matriz de resultados para la selección de alternativas. Planta GACHE

ELEMENTOS DE JUICIO		CATEGORÍAS DE JUICIO				CATEGORÍAS DE JUICIO				CATEGORÍAS DE JUICIO			
		Alternativa 1				Alternativa 2				Alternativa 3			
		R	L.A	L.R	C	R	L.A	L.R	C	R	L.A	L.R	C
TAMAÑO	Mercado	X								X			
	Disponibilidad de insumos	X								X			
	Capacidad empresarial	X								X			
	Capacidad financiera	X								X			
PROCESO	Naturaleza del proyecto												
	Nuevo												
	Ampliación												
	Modificación				X				X				X
	Especificidad del insumo												
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Medición de nivel	X							X				X
	Medición de caudal	X							X				X
	Medición de altura piezometrica	X							X				X
	Sistemas de comunicación			X					X				X
	Sistemas de visualización			X					X				X
	Registro de información	X							X				X
COSTOS Y RENTABILIDAD	Costo del proyecto	X							X	X			
	Monto de la inversión	X							X	X			
	Donaciones y ayudas externas								X				X
	Beneficios institucionales			X					X				X

R: rechazo, LA: limite absoluto, LR: limite relativo, C: condicionante

La tabla 1, que muestra la selección de las alternativas por medio, de la matriz de resultados, se puede observar que la mejor opción corresponde a la alternativa 2, ya que esta opción no tiene ninguna condición de rechazo, limite absoluto, previo análisis cualitativo de los desarrolladores del proyecto, por otra parte muestra solo los indicadores condicionales las cuales la señalan como la alternativa de mejor perfil.

En el análisis de alternativas se tienen en cuenta la información correspondiente de cada una de ellas y se comparan con una serie de criterios de decisión. Estos se pueden ver en la Tabla 2.

Los criterios tenidos en cuenta son los siguientes:

- ✓ Grado en el que se alcanzan los objetivos del proyecto.

- ✓ Eficiencia económica y/o financiera.
- ✓ Beneficio e interés académico.
- ✓ Impacto en factores con el entorno.

Tabla 2. Matriz para el análisis sistemático de alternativas. Planta GACHE

CRITERIOS DE DECISIÓN	ALTERNATIVAS VIABLES			CALIFICACIÓN O PESO		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Grado en el que se alcanzan los objetivos	Bajos e ineficientes	Altos eficientes y eficaces	Altos eficientes y eficaces	0,08	0,37	0,37
Eficiencia económica y/o financiera	Baja equipos muy costosos	Alta, apoyo de donaciones externas	Incremento del costo, sin ayuda externa	0,05	0,4	0,3
Beneficio e interés académico	Regular	Excelente	Excelente	0,06	0,1	0,1
Impacto en factores con el entorno	Regular	Excelente	Excelente	0,06	0,1	0,1
			<b>TOTAL</b>	<b>0,25</b>	<b>0,97</b>	<b>0,87</b>

A1: Alternativa 1, A2: Alternativa 2, A3: Alternativa 3

Como se puede observar después de obtener la matriz de resultados, ver Tabla 1, donde se analizan las alternativas con los tres diferentes escenarios de automatización, se lleva a cabo un análisis posterior teniendo en cuenta los criterios de decisión, mencionados anteriormente. Luego se realizó su análisis cualitativo y cuantitativo, el primero a manera de descripción, y el segundo por medio de asignación de pesos porcentuales y/o calificación, para elegir y mostrar la alternativa seleccionada, que se corrobora como la alternativa numero 2. Planteada en el documento de ingeniería conceptual.

Con la tarea realizada anteriormente se puede indicar de manera directa que la propuesta o alternativa más indicada para la planta en cuestión es la No 2. Teniendo en cuenta las especificaciones del proceso para la práctica Golpe de Ariete y Chimenea de equilibrio y los requerimientos hechos por el grupo de Ingenieros del Departamento de Hidráulica, se estima conveniente que esta opción se ajusta a las necesidades de la planta caso de estudio.

Si bien la propuesta No 1 es bastante buena, permitiendo la toma de medición de las variables de un modo confiable; la alternativa 2 involucra un sistema mucho más completo, pues no solo permite tomar las mediciones, sino que además ofrece la

posibilidad de tener un lazo de control realimentado, para dotar a la planta de gran autonomía; así como la visualización de la información, y la recolección de datos que ayuda a tener un conocimiento más profundo en el análisis de la práctica que se está llevando a cabo, esto en concordancia con las tendencias presentes y futuras de procesos de automatización de las plantas industriales reales.

#### **4. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE ASPECTOS TECNOLÓGICOS Y DE PROCESO DEL SISTEMA**

En la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio no se tiene ningún tipo de tecnología asociada para su funcionamiento, en ella solo se encuentran los elementos mínimos, como equipos (motobomba) y accesorios de tuberías, para realizar la práctica de una manera elemental, sin la ayuda de tecnología de instrumentos de medida así como de otros dispositivos. Por esta razón no se puede realizar un desglose de una manera clara y puntual de aspectos tecnológicos y de proceso del sistema.

Por tanto se llevará a cabo estrategias, que permitan la consecución de los objetivos del proceso y del proyecto, estas se mencionan a continuación:

- Plantear las posibles estrategias del sistema de control que se pueden proponer para la automatización de la planta.
- Sugerir los instrumentos de medida que se requieren en la planta y que permitan la ejecución de la estrategia de control seleccionada de una manera optima.

##### **4.1 Estrategia 1**

Construir un lazo de control *feedback*, para mantener constante el nivel en un tanque, el cual realice la toma de medición de la variable controlada (Nivel), detectando si se encuentra o no en el valor de *set point* o consigna deseada; para así manipular el flujo de entrada de agua suministrado por la motobomba y mantener siempre en un régimen permanente dicho Nivel.

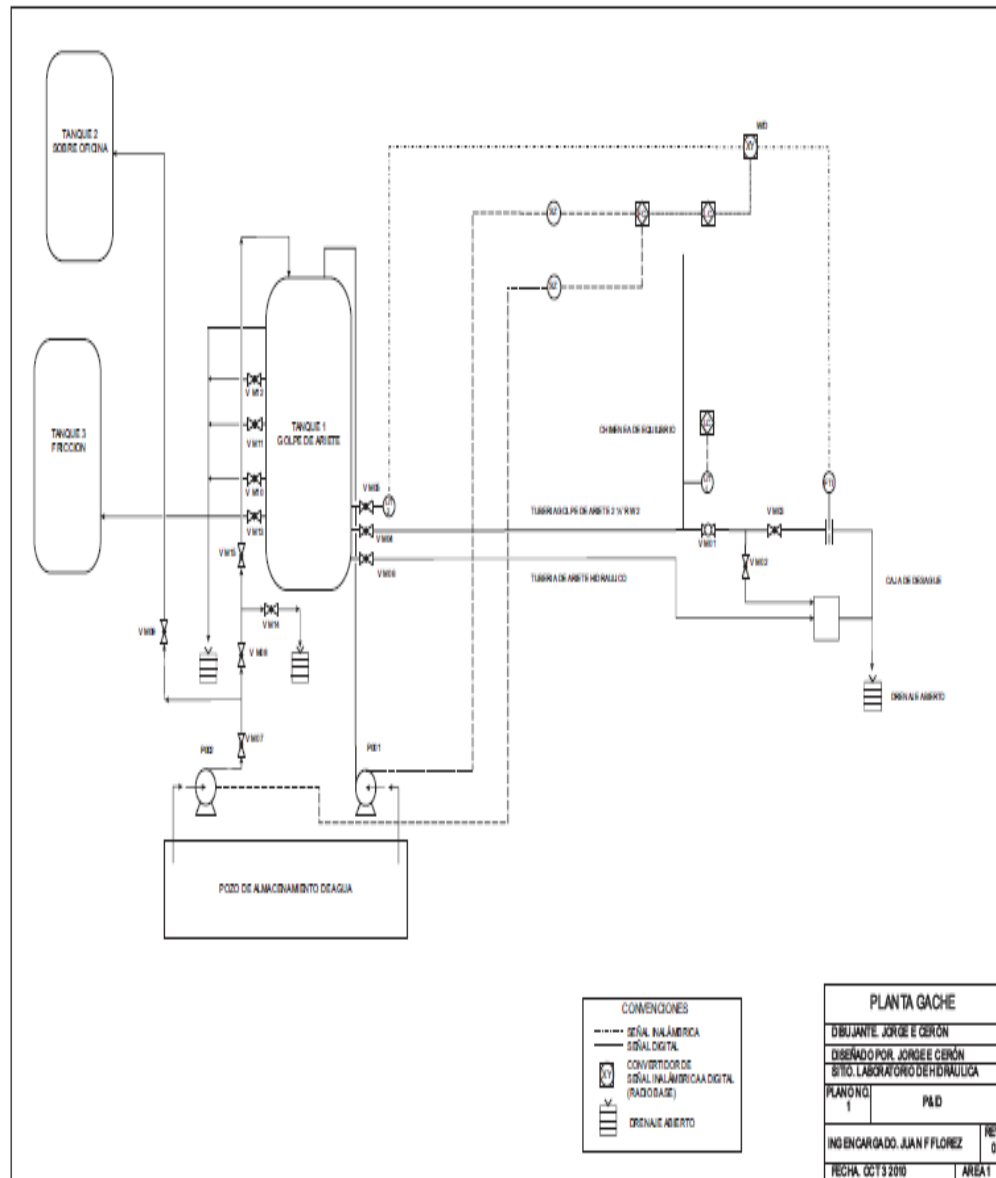
##### **4.2 Estrategia 2**

Construir un lazo de control en cascada, ya que aunque el esquema de control *feedback* debe proporcionar control aceptable, este lo realiza cuando no existen variaciones importantes en la variable manipulada, por tanto si esto ocurre se crearan problemas de estabilidad y mal desempeño. Es por esto que se recomienda un esquema de control en cascada, el cual ofrezca una acción anticipativa, minimizando y adelantándose a los errores que puedan causar el disturbio del sistema.

Para llevar a cabo la instrumentación y automatización del sistema se manejarán instrumentos, sensores, equipos y accesorios que harán posible la realización del proyecto de instrumentación y automatización de la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio, los cuales se describirán en detalle en la sección 6: Descripción detallada de las estaciones de trabajo.

## 5. DIAGRAMA DE PLANTA Y PROCESO PLANTEADO

A continuación se presenta en la figura 2 el diagrama de planta y proceso planteado para la planta GACHE.



## **6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO**

### **6.1 Instrumentos**

La tecnología utilizada para los instrumentos de medida es la siguiente:

6.1.1 Instrumentos de transmisión inalámbrica.

6.1.2 Instrumentos cableados.

#### **6.1.1 Instrumentos inalámbricos:**

Se utilizarán dos transmisores inalámbricos; uno de presión absoluta, el cual se encargará de hacer la toma de presión en el tanque y posteriormente informar el nivel en el que este se encuentra, el segundo transmisor a diferencia del anterior será de presión diferencial, pues tendrá como tarea realizar la medida de la diferencia de presiones que se produce en la tubería cuando el fluido atraviesa una restricción.

Posteriormente de realizar la medición, estos instrumentos enviarán la información obtenida a una radio base, también de tecnología inalámbrica la cual procesará la información y la desplegará en la pantalla de su *pantalla*, así mismo también la mostrará en un computador por medio de un software de manejo de estos instrumentos, informando del estado en que se encuentra las variables del proceso (Nivel y Caudal)

#### **6.1.2 Instrumentos cableados:**

Se utilizará un transmisor de presión diferencial el cual tendrá como función obtener los datos de las variaciones de presión en la chimenea de equilibrio.

### **6.2 Sensores finales de carrera**

Se utilizarán dos sensores ópticos, los cuales realizarán la detección del cambio de posición de la válvula manual de cierre y apertura.

### **6.3 Equipos**

Se tendrán diferentes equipos tales como los siguientes:

- A) PLC (Controlador Lógico Programable), este equipo será considerado el cerebro del sistema, pues es el encargado de recibir las diferentes señales provenientes de la Radio base, el transmisor cableado así como del sensor y variador de velocidad.
- B) MOTOBOMBA, será la encargada, de suministrar el caudal de agua de entrada para llenar el tanque de la planta.
- C) VARIADOR DE VELOCIDAD, su función será variar la frecuencia de funcionamiento de la motobomba, haciendo que esta última ingrese más flujo de agua al tanque en caso de que se requiera.
- D) PANTALLA TOUCH SCREEN, será el encargado de integrar en un software de supervisión, todos los datos señales e información proveniente del PLC y la radio base, y comunicarlo de forma visual al usuario permitiendo el monitoreo y control de la planta de Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio.

## **7. ESTUDIO DE VIABILIDAD**

Para este proyecto, de manera particular, no se realiza un estudio de viabilidad, con estimadores e indicadores económicos, ya que el proyecto es de carácter académico y por tanto no se requiere un análisis de rendimientos de productividad Vs inversión, o indicadores tales como la TIR (Taza Interna de Retorno), VPN (Valor Presente Neto), entre otros.

Por otra parte, cabe destacar que el proyecto realizará un aporte a nivel académico pues permitirá que se realicen prácticas hidráulicas con instrumentación industrial y por tanto se obtendrá una experiencia cercana a la realidad para los alumnos, y ofrecerá a los docentes mejores condiciones para orientar sus clases, ya que tendrán herramientas con las cuales podrán mejorar la calidad de su enseñanza.

Por esta razón se estima que el proyecto es viable, porque la ganancia que se obtendrá, con respecto a la inversión, representa una gran utilidad en aprendizaje.



## **8. RECOMENDACIONES TÉCNICAS**

Instrumentar y automatizar la planta Golpe de Ariete y Chimenea de equilibrio según los requerimientos y necesidades de dicha planta, que permita la toma de mediciones, visualización y recolección de la información del comportamiento de las variables: Nivel, Caudal, Sobrepresión y Subpresión en una conducción, cuando se presenta el fenómeno de sobrepresión en una tubería.

### **8.1 Características de la zona**

La planta se encuentra ubicada en la Universidad del Cauca, en la segunda sala del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil, por tanto se halla dentro de un edificio que goza de buena infraestructura física y no posee condiciones difíciles o agresivas que interfieran con su funcionamiento, lo cual es casi siempre lo que ocurre en las plantas industriales.

Por otra parte está libre de agentes nocivos, que la puedan afectar tales como:

- Corrosión por agentes químicos.
- Fugas de gas.
- Ruido eléctrico.
- Altas temperaturas.
- Campos magnéticos, entre otros.
- Así se puede asegurar que la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio, goza de unas buenas condiciones, ya que en ella no interfiere ningún tipo de agente externo, que modifique de un modo severo su normal funcionamiento.

### **8.2. Códigos, estándares y procedimientos aplicables**

La ingeniería básica será realizada conforme a los requerimientos de las últimas versiones de los siguientes estándares en sus últimas ediciones:

- *ISA Instrument Society of America.*
- *ANSI American National Standard Institute.*
- *IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers.*
- *NEMA National Electrical Manufacturers Association.*
- *ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas.*

### **8.3 Descripción de los alcances del proyecto**

Para el alcance del proyecto se tendrán en cuenta los siguientes requerimientos de la planta.

- Implementación de un esquema de Control en cascada que permita tener el dominio del sistema, en cuanto a las variables de proceso.
- Instalación completa de instrumentos de medida para Nivel, Caudal, Subpresión y Sobrepresión, así como también tiempo de cierre y apertura de la válvula en la planta.
- Instalación de un sistema HMI para visualización y recolección de datos de las variables del proceso.

### **8.4 Desarrollo de actividades**

Los trabajos a realizar son los siguientes:

Levantamiento de planos actuales de la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio.

1. Diseño del esquema de control seleccionado para la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio.
2. Modelo matemático y cálculos preliminares de la platina de orificio.
3. Diagrama de la planta con los instrumentos y equipos propuestos.
4. Instalación, montaje y calibración del transmisor inalámbrico de presión absoluta, en el tanque 1.
5. Instalación y montaje del conjunto bridas – platina de orificio en la tubería horizontal.
6. Instalación, montaje y calibración del transmisor inalámbrico de presión diferencial y conexión al conjunto bridas – platina de orificio para medición de presión en la tubería horizontal.
7. Instalación, montaje y calibración del transmisor cableado para medición de presión en la chimenea de equilibrio.
8. Instalación, montaje y calibración de sensores de posición para la válvula de cierre y apertura.
9. Instalación de la radio base y enlace con los transmisores inalámbricos.
10. Programación, instalación y enlace del PLC con los instrumentos presentes en el lazo de control.
11. Instalación y configuración del software para manejo de los instrumentos.
12. Integración de los instrumentos con base en el esquema de control, para la automatización de la planta Golpe de Ariete.

13. Instalación, configuración y programación de la pantalla de supervisión del sistema.
14. Pruebas de funcionamiento.
15. Capacitación del personal, para el manejo del nuevo sistema implementado en la planta.
16. Puesta en marcha y entrega de la planta en funcionamiento.
17. Entrega del diseño de ingeniería de automatización completo de la planta Golpe de Ariete y Chimenea de Equilibrio.

### 8.5. Cronograma preliminar de actividades.

En la tabla 3 presentada a continuación se muestra el cronograma de fases y actividades que se llevarán a cabo en la automatización de GACHE.

Tabla 3. Cronograma Preliminar de Actividades

<b>FASES</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>SEMANA 1</b>	<b>SEMANA 2</b>	<b>SEMANA 3</b>	<b>SEMANA 4</b>
<b>Fase de Estudio y Diseño de Ingeniería</b>	<b>ACTIVIDAD 1</b>				
	<b>ACTIVIDAD 2</b>				
	<b>ACTIVIDAD 3</b>				
	<b>ACTIVIDAD 4</b>				
<b>Fase de Instalación y Montaje</b>	<b>ACTIVIDAD 5</b>				
	<b>ACTIVIDAD 6</b>				
	<b>ACTIVIDAD 7</b>				
	<b>ACTIVIDAD 8</b>				
	<b>ACTIVIDAD 9</b>				
	<b>ACTIVIDAD 10</b>				
<b>Fase de Instalación Programación y Pruebas de Funcionamiento</b>	<b>ACTIVIDAD 11</b>				
	<b>ACTIVIDAD 12</b>				
	<b>ACTIVIDAD 13</b>				
	<b>ACTIVIDAD 14</b>				
	<b>ACTIVIDAD 15</b>				
<b>Capacitación Puesta en Marcha Entrega Final</b>	<b>ACTIVIDAD 16</b>				
	<b>ACTIVIDAD 17</b>				
	<b>ACTIVIDAD 18</b>				

### **8.6 Personal requerido**

El personal para la realización de este proyecto, consta de dos estudiantes de último semestre de Ingeniería en Automática industrial, la asesoría de un Ingeniero que los dirija con conocimiento en el área de automatización, así como también dos Ingenieros Civiles que conozcan el proceso que se desea instrumentar y automatizar, en el cual intervengan participando con su asesoría y orientación.

### **8.7 Entrega del informe final mediante medios físicos**

El documento final será entregado en medio físico, el cual contendrá toda la información requerida, para la correcta realización, implementación y puesta en marcha del proyecto.

## 9. LISTA PRELIMINAR DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

En la Tabla 4 se presenta la lista preliminar de equipos, instrumentos y sensores y la cantidad requerida de cada uno de ellos para el desarrollo del proyecto de automatización en GACHE.

Tabla 4 Lista Preliminar de Equipos e Instrumentos

<b>No ID</b>	<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Motobomba Siemens 2 HP	1
2	Motobomba Siemens 1/3 HP	1
3	PLC Panasonic FPX 100	1
4	Variador de Velocidad Power flex 4M	1
5	Platina de Orificio	1
6	Pantalla Touch Screen Panasonic	1
<b>No ID</b>	<b>NOMBRE DEL INSTRUMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
7	Transmisor de presión diferencial inalámbrico Honeywell XYR 5000	1
8	Transmisor de presión absoluta inalámbrico Honeywell XYR 5000	1
9	Radio Base Honeywell XYR 5000	1
10	Transmisor de presión absoluta Yokogawa	1
<b>No ID</b>	<b>NOMBRE DEL SENSOR</b>	<b>CANTIDAD</b>
11	Sensor Óptico	2

## 10. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En la Tabla 5 se presenta el presupuesto del proyecto para la compra de equipos y la implementación y montaje de equipos, instrumentos y sensores en la planta GACHE.

Tabla 5 Presupuesto del proyecto

RESUMEN DEL PRESUPUESTO					
COSTOS	ITEM	DESCRIPCION	VALOR	PESO %	
		<b>GESTION DE COMPRAS</b>		<b>\$ 32.087.000</b>	
		<b>SUMINISTROS :</b>			
		<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE:</b>			
		<b>COSTO DIRECTO CONSTRUCCION Y MONTAJE</b>		<b>\$ 32.087.000</b>	
		ADMINISTRACIÓN	13%		
		IMPREVISTOS	5%		
	UTILIDAD	7%			
	<b>SUB-TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA ( Sin IVA )</b>		<b>\$ 5.133.920</b>		
	IMPUESTO AL VALOR AGREGADO IVA ( Sobre Utilidad )	16%			
	<b>COSTO TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA ( Incluido IVA )</b>		<b>\$ 37.220.920</b>		

## 11. COSTO DEL PROYECTO

En la Tabla 6 se presenta el costo del proyecto para la compra de equipos, instrumentos y sensores que se instalaran en la planta GACHE. Con respecto a la lista preliminar obtenida anteriormente.

Tabla 6 Costo del proyecto

REGLON	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
SUMINISTRO DE INSTRUMENTOS				\$(COL)	
1	Motobomba Siemens 2 HP	EA	1	\$ 700.000	\$ 700.000
2	Motobomba Siemens 1/3 HP	EA	1	\$ 650.000	\$ 650.000
3	PLC Panasonic FPX 100	EA	1	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000
4	Variador de Velocidad Schneider Electric	EA	1	\$ 800.000	\$ 800.000
5	Platina de Orificio	EA	1	\$ 350.000	\$ 350.000
6	Pantalla Touch Screen Panasonic	EA	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
<b>NOMBRE DEL INSTRUMENTO</b>					
7	Transmisor de presión diferencial inalámbrico	EA	1	\$ 4.364.300	\$ 4.364.300
	Honeywell XYR 5000				
8	Transmisor de presión absoluta inalámbrico	EA	1	\$ 2.460.500	\$ 2.460.500
	Honeywell XYR 5000				
9	Radio Base Honeywell XYR 5000	EA	1	\$ 19.452.200	\$19.452.200
10	Transmisor de presión absoluta cableado Yokogawa	EA	1	\$ 850.000	\$ 850.000
<b>NOMBRE DEL SENSOR</b>					
11	Sensor Óptico	EA	2	\$ 80.000	\$ 160.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$32.087.000</b>

**MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA PLANTA  
GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO DEL LABORATORIO DE  
HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**APLICACIÓN INGENIERÍA BÁSICA PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN  
PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

**Director  
Mag. JUÁN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA  
Docente**

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



## **TABLA DE CONTENIDO APLICACIÓN INGENIERÍA BÁSICA**

1	REQUERIMIENTOS PARA LA PLATINA DE ORIFICIO	97
1.1	Requerimientos de instalación física	97
1.2	Especificaciones técnicas de instalación	97
1.3	Dimensiones recomendadas para las platinas de orificio	97
1.4	Distancia de instalación de tomas de presión	99
1.5	Datos y cálculos para la platina de orificio	100
1.6	Calculo del coeficiente de descarga	100
1.7	Conclusiones de los cálculos de la platina de orificio	101
2.	DIMENSIONAMIENTO Y SELECCION DE LOS EQUIPOS	102
2.1	Motobomba 1	102
2.2	Motobomba 2	103
2.3	Transmisor inalámbrico de presión absoluta	104
2.4	Transmisor inalámbrico de presión diferencial	105
2.5	Transmisor cableado de presión diferencial	106
2.6	Controlador lógico programable (PLC)	107
2.7	Pantalla táctil ( <i>Touch Screen</i> )	108
3	LISTA DEFINITIVA DE EQUIPOS	109

## 1. REQUERIMIENTOS PARA LA PLATINA DE ORIFICIO

A continuación se mencionan los requisitos y se realizan los cálculos para dimensionar, la platina de orificio requerida en la planta GACHE\_1, que permite la medición de caudal.

### 1.1 Requerimientos de instalación física

#### 1.1.1 Diámetros mínimo y máximo

Para poder emplear la placa de orificio, el diámetro mínimo de la tubería debe ser de 2 pulgadas. Y el máximo de 50 pulgadas. Lo anterior usualmente no presenta problema, ya que los diámetros más comunes son de 6, 8,10 y 12 pulgadas.

#### 1.1.2 Condiciones de operación

Verificar que en las instalaciones se cumpla lo siguiente:

1. Tubería circular.
2. Tubería en disposición horizontal.
3. Circulación del agua a tubo lleno.
4. Igualdad de diámetros antes y después de la placa de orificio.
5. Tubería libre de incrustaciones, 10 diámetros aguas arriba de la placa y 4 diámetros después de la misma.

### 1.2 Especificaciones técnicas de instalación

La platina de orificio, es instalada en la tubería, por medio de unas bridas con sus respectivos, empaques.

### 1.3 Dimensiones recomendadas para las platinas de orificio

En la Figura 1, que se muestra a continuación se puede observar la sección transversal de una platina de orificio, sus características geométricas, y dimensiones tales como:

*D=diámetro de la tubería.*

*D=diámetro del orificio.*

*E=espesor de la placa.*

*E=espesor del orificio.*

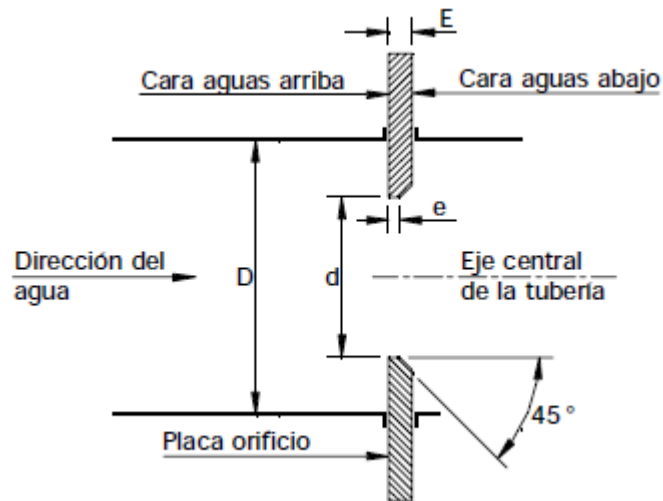


FIGURA 1. Dimensiones generales de la platina de orificio. Fuente propia.

Para realizar el diseño de la platina de orificio se debe tener en cuenta la norma ISO 5167-1, la cual establece el espesor que debe tener la platina y que proporción debe tener el orificio en relación al diámetro de la tubería.

Las tablas siguientes muestran las condiciones que se deben tener en cuenta para calcular la platina de orificio. La tabla 1 muestra los valores mínimo y máximo, del diámetro del orificio así como los valores de la relación de diámetros Beta ( $d/D$ ) y la tabla 2 muestra los diámetros según el espesor de la tubería.

Tabla 1. Dimensiones recomendadas de espesores tubería y placa

DIMENSIÓN	MÍNIMO	MÁXIMO
e	0.005D	0.02D
E	0.005D	0.05D
d	1/2 PULGADA	38 PULG
$d/D$	0.2	0.75

Teniendo en cuenta los diferentes valores de los espesores, tanto de orificios, como el espesor de la placa se puede calcular las dimensiones requeridas, para diferentes valores de tuberías.

Tabla 2. Dimensiones recomendadas según el calibre de la tubería

DIÁMETROS		e(mm)		E(mm)	
Pulgadas	mm	Min	Max	Min	Max
6	152.4	0.76	3.05	0.76	7.62
4	101.6	0.51	2.03	0.51	5.08
2	50.8	0.255	1.015	0.255	2.54

#### 1.4 Distancia de instalación de tomas de presión

Existen tres posiciones de instalación, la tabla 3 muestra las distancias requeridas aguas arriba (L1) y aguas abajo (L2) para cada tipo de instalación.

Tabla 3. Posiciones de las tomas de presión

TIPOS DE INSTALACIÓN	L1	L2
D-D/2	D	D/2
A UNA PULGADA	1 PULGADA	
EN LOS BORDES	CERO	

De acuerdo a los requerimientos de instalación en la planta GACHE, para la instalación del conjunto bridas, platina de orificio, se ha elegido la posición para las tomas de presión en los bordes, ya que es la que mejor prestaciones ofrece, para esta planta. La Figura 2 que representa esta situación se muestra a continuación.

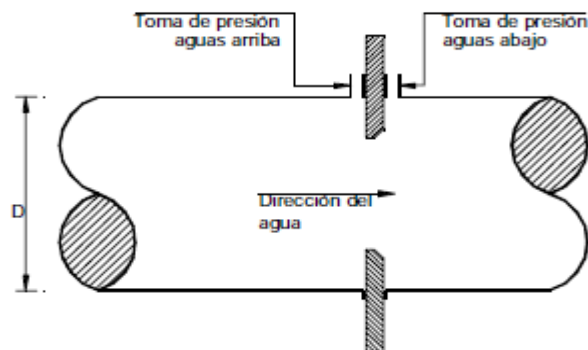


Figura 2. Toma de presión en los bordes. Fuente propia

## 1.5 Datos y cálculos para la platina de orificio

Para realizar los cálculos del sistema, se tienen los siguientes datos tanto de la planta como del fluido que se desea medir:

$$T = 20^{\circ}C$$

$$\rho = 998.2 \text{ kg} / \text{m}^3 \text{ a } 20^{\circ}C$$

$$Q_{\text{volumetricoaproximado}} = 0.003151 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{\text{masicoaproximado}} = Q_v * \rho = 3.1453282 \text{ kg} / \text{s}$$

$$\text{Re } y = \frac{4Qm}{\pi A \rho} = \frac{4(3.1453282)}{\pi * 1.005 * 10^{-3} \frac{\text{N} * \text{s}}{\text{m}^2} * 0.537 \text{ m}} \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$\text{Re } y = \frac{12.5813128}{1.695470431 * 10^{-3}} = 7420.543921$$

## 1.6 Calculo del coeficiente de descarga

$$C_d = (0.5959 + 0.0312 * \beta^{2.1}) - (0.184 * \beta^8) + \left[ (0.0029 * \beta^{2.5}) \left( \frac{10^6}{\text{Re } y} \right)^{0.75} \right] + \left( \frac{0.09 * L_1 * \beta^4}{1 - \beta^4} \right) - (0.0337 * L_2 * \beta^3)$$

$$\beta = 0.5$$

$$\text{Re } y = 7420.543921$$

$$C_d = 0.6266$$

$$h = \frac{\rho}{2} \left[ \frac{16Q^2(1 - \beta^4)}{\pi^2 C_d^2 d^4} \right]$$

$$h = 499.1 \left[ \frac{(16) * (0.003151) * (0.9375)}{\pi^2 (0.7202)^2 (0.02685)^4} \right]$$

$$h = 499.1 \left[ \frac{0.047265}{2.6606 * 10^{-6}} \right]$$

$$h = 1.3279 * 10^{-3} Pa$$

Organizando los datos obtenidos para el diseño de la platina de orificio se tiene:

$$Q = 0.003151 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\beta = 0.5$$

El coeficiente anterior fue elegido con base en la Norma ISO 567-1.

$$D = 26.85 \text{ mm equivalente a } 0.02685 \text{ m.}$$

$$D = 53.7 \text{ mm equivalente a } 0.0537 \text{ m.}$$

$$T = 20^\circ \text{C Temperatura del fluido.}$$

$$D = 998.2 \text{ Kg/m}^3.$$

$$\epsilon = \text{Espesor de la tubería} = 0.98 \text{ mm.}$$

$$\text{Rey} = 7420.543921 \text{ Numero de Reynolds.}$$

$$C_d = 0.6266 \text{ Coeficiente de descarga.}$$

$$H = 1.3279 * 10^{-3} \text{ Pascales diferencia depresión.}$$

$$E_{\text{min}} = 0.255 \text{ mm}$$

$$e_{\text{Max}} = 1.015 \text{ mm}$$

$$E_{\text{min}} = 0.255 \text{ mm}$$

$$E_{\text{Max}} = 2.54 \text{ mm}$$

### **1.7 Conclusiones de los cálculos de la platina de orificio**


Se realizaron de manera satisfactoria los cálculos para el diseño de la platina de orificio, teniendo en cuenta la normatividad, principales requerimientos de tuberías, instalación, así como los factores que influyen en su diseño. Con el fin de proceder a su fabricación.

## 2. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

A continuación se presenta el dimensionamiento de los diferentes equipos e instrumentos requeridos en la implementación y automatización de la planta GACHE, utilizando los formatos del documento recomendaciones técnicas para documentar y ejecutar proyectos de automatización a nivel de campo. Los cuales permiten definir todas las características técnicas, así como elegir el fabricante y otros aspectos relacionados con la selección adecuada de dichos equipos.


### 2.1 Motobomba 1

Formato de dimensionamiento para la motobomba 1, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B001.

DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM		NOMBRE DEL PROYECTO				No de control interno	
		<b>INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS</b>				FECHA: 02/09/2010	
		PLANTA: GOLPE DE ARISTE Y CIMENTA DE EQUILIBRIO				Formato: B001	
		ESPACIO PARA DIMENSIONAMIENTO DEL ING. DE PROYECTOS				REV: 0	
Describe a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.							
ALIMENTACION DE LOS EQUIPOS	Max	mín	PTORITH	Marca	DESCRIPCION DEL EQUIPO	OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO	
VOLTAJE DE OPERACIÓN	230	115	M1	Siemens	Motobomba Siemens, motor 1FL3 DE1-2 YA 99	ESTE EQUIPO HA ESTADO EN SERVICIO DURANTE 20 AÑOS	
CORRIENTE DE OPERACIÓN	30	15			BG 80 Nr P5-647256 IP44		
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	60	0			FORMA DE CONSTRUCCION (ETSG AS.3 100NITS		
POTENCIA HP	0.33	-			113 HP CODE 044 80 HE		
ENTRADA Y SALIDAS ANALÓGICAS	-	-	-	-	115/230V FS 1.0 S.4/2.7A		
ENTRADA Y SALIDAS DIGITALES	-	-	-	-	FS 1.75 B.2/MLA IA 30/15A		
MÓDULOS DE COMUNICACIÓN	-	-	-	-	3520 RPM 216/258uf		
SOFTWARE UTILIZADO	-	-	-	-			
RANGO DE OPERACIÓN							
Indique en la casilla de la izquierda el rango de operación de los equipos y describa las características requeridas por los mismos							
TEMPERATURA							
PRECION							
FLUIDO							
NIVEL							
CONCENTRACION							
OTROS							
DESCRIPCION DEL ÍTEM							
Describe la Capacidad de Producción de los equipos requeridos para la Planta.							
CAPACIDAD DE PRODUCCION		ESTE EQUIPO TIENE UNA CAPACIDAD DE SUMINISTRO DE CAUDAL DE 1.75 (LITROS / min, CON UN MANEJO DE 110 V / 1.2A Y 230 V / 4.1 A CON UNA CORRIENTE Ia DE 30/15 A, 3520RPM 216/258 uf.					
Valor	max	X					
Valor	min	-					
Valor	Tr/mes	-					
Valor	Otras	-					
Expresar el Valor y la Unidad de la capacidad de producción de los equipos.							
DESCRIPCION DEL ÍTEM							
Describe las condiciones de operabilidad de los equipos							
Ergonomía							
LA DISPOSICION DE TRABAJO DEL EQUIPO ES LA ADECUADA EN LA INTALACION Y MODO DE OPERACION							
Intercambio de partes y/o repues							
TIENE FACILIDAD PARA CONSECUION DE REPUESTOS EN CASO DE QUE SE NECESITE.							
Disponibilidad de manejo							
FACILIDAD DE CONEXION Y MANEJO PARA EL OPERARIO							
Información Adecuada							
SE BRINDA LA INFORMACION ADECUADA PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO							
condiciones límite de operación							
OTROS							
DESCRIPCION DEL ÍTEM							
Describe las condiciones de seguridad que requieren los equipos.							
CONDICIONES DE SEGURIDAD							
Paradas de Emergencia							
EL EQUIPO TIENE LA POSIBILIDAD DE INSTALACION Y CONEXION DE SWITCHES PARA PARADA DE EMERGENCIA							
Protecciones pasivas							
NO TIENE DISPOSITIVOS COMO FUSIBLES DE TEMPERATURA PARA SU AUTOPROTECCION							
Otras							
DESCRIPCION DEL ÍTEM							
Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones en la selección del o de los equipos con respecto al mantenimiento							
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:					

## 2.2 Motobomba 2


Formato de dimensionamiento para la motobomba 2, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B001.

	NOMBRE DEL PROYECTO					No de control interno	
	INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS					FECHA: 6/23/09 a 2010	
	PLANTA : GOLPE DE ARETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO					Formato: B001	
	ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO DEL INGL. DE PROYECTOS					REV.0	
DESCRIPCION DEL ITEM							
Describa a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.							
ALDIMENSIONES DE LOS EQUIPOS	Max	min	STURTA	Marca	DESCRIPCION DEL EQUIPO	OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO	
VOLTAJE DE OPERACIÓN	230	115	MI	Siemens	Motobomba Siemens, motor 18F3 087-2, YB 99	ESTE EQUIPO HA ESTADO EN	
CORRIENTE DE OPERACIÓN	25	12.5			BG 90 Nr P9-447298 IP44	SERVICIO DURANTE 20 AÑOS	
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	60	0	-		FORMA DE CONSTRUCCION NEMA 56ICL TERM.B		
POTENCIA HP	2.0	-	-		2 HP 60 Hz		
TEMPERATURA AMBIENTE °C	40	-	-		115/230V FS 1.0 S.4/2.7A		
ENTRADA(S) Y SALIDA(S) DIGITAL(S)	-	-	-		FS 1.2		
MODULOS DE COMUNICACIÓN	-	-	-		3450 RPM 216/259uf		
SOFTWARE UTILIZADO	-	-	-				
DESCRIPCION DEL ITEM							
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							
FLUIDO							
NIVEL							
CONCENTRACION							
OTROS							
DESCRIPCION DEL ITEM							
Describa la Capacidad de Produccion de Los equipos requeridos para la Planta.							
ESTE EQUIPO TIENE UNA CAPACIDAD DE SUMINISTRO DE CAUDAL DE 1.75 LITROS / min, CON UN MANEJO DE 110 V./3A Y 230 V/ 4.1 A CON UNA CORRIENTE Ia DE 30/15 A, 3520RPM 216/259 uf.							
E.CAPACIDAD DE PRODUCCION							
S	Lts/min	X					
Valor	ma/h						
Valor	bariles/dia						
Valor	Tn/mes						
Valor	Otras						
Escriba el Valor y la Unidad de la capacidad de producción de los equipos.							
DESCRIPCION DEL ITEM							
Describa las condiciones de operabilidad de los equipos							
DIMENSIONES DE OPERABILIDAD							
Ergonomía	LA DISPOSICION DE TRABAJO DEL EQUIPO ES LA ADECUADA EN LA INTALACION Y MODO DE OPERACIÓN.						
Intercambio de herramientas y repues	TIENE FACILIDAD PARA CONEXION DE RESPUESTOS EN CASO DE QUE SE NECESITE.						
Disponibilidad de manejo	FACILIDAD DE CONEXIÓN Y MANEJO PARA EL OPERARIO						
Información Adecuada	SE BRINDA LA INFORMACION ADECUADA PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO						
condiciones limite de operación							
OTRAS							
DESCRIPCION DEL ITEM							
Describa las condiciones de seguridad que requieren los equipos.							
E.CONDICIONES DE SEGURIDAD							
Paradas de Emergencia							
EL EQUIPO TIENE LA POSIBILIDAD DE INSTALACION Y CONDÓN DE SWITCHES PARA PARADA DE EMERGENCIA							
Protecciones pasivas							
NO TIENE DISPOSITIVOS COMO FUSIBLES DE TEMPERATURA PARA SU AUTOPROTECCION							
Otras							
DESCRIPCION DEL ITEM							
Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones en la selección del o de los equipos con respecto al mantenimiento							
M.MANTENIMIENTO							
Uso de partes comerciales estandarizadas de fácil reposición (marcas preferidas, normalización)					SI		
Ubicación de los componentes facilitando su acceso					SI		
Sistemas de control abiertos, que faciliten interconexión y evolución posterior					SI		
Uso de conexiones de fácil apertura y unión posterior					SI		
OTRAS RECOMENDACIONES:							




## 2.3 Transmisor inalámbrico de presión absoluta

Formato de dimensionamiento para el transmisor inalámbrico de presión absoluta, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B002.

 DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM	NOMBRE DEL PROYECTO				No de control interno	
	<b>INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE TRANSMISORES</b>				FECHA: 23/09/2010	
	PLANTA : GOLPE DE ARBETE Y CIMENTA DE EQUILIBRIO				Formato: B002	
ESPACIO PARA DILIGENCIAMIENTO DEL ING. DE PROYECTOS						
DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM						
Describe a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.						
A. TIPO DE PRODUCTO	LIQUIDO	GAS	VAPOR	OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO		MARCA Y REFERENCIA
FLUIDO	X			NINGUNA		Honeywell STS2000
TEMPERATURA	°C		°F	OTRO		
	20					
DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM						
B. TIPO DE MEDICIÓN	MANOMETRICA	ABSOLUTA	VACIO	DIFERENCIAL	OBSERVACIONES ESPECIALES	
		X			NINGUNA	
RANGO DE MEDICIÓN	MINIMO		BAR	mBar		
	NORMAL	X	mmHg	inHg	X	NINGUNA
	MAXIMO		PSI	otra		
DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM						
DESCRIBE LAS CONDICIONES DE OPERABILIDAD DE LOS EQUIPOS						
CONDICIÓN AL PROCESO	ROSCADA	FLANCIADA	OTRA	OBSERVACIONES ESPECIALES		
	X			NINGUNA		
SAÍDA	4-20mA	HART	PROFIBUS PA	FOUNDATION FIELDBUS	OTRA	
					SEÑAL INALÁMBRICA MOBUS RTU	
DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM						
DESCRIBE LAS CONDICIONES DE OPERABILIDAD DE LOS EQUIPOS						
CONDICIONES DE OPERABILIDAD						
Ergonomía	SI					
Intercambio de herramienta	SI					
Disponibilidad de manejo	SI					
Información Adecuada	SI					
Condiciones límite de operación	1200m DE ALCANCE EN LINEA DE VISTA PARA LA SEÑAL INALÁMBRICA					
OTRAS						
DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM						
DESCRIBE LAS CONDICIONES DE APROBACIÓN QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS.						
E. CONDICIONES DE APROBACIÓN	AREA CLASIFICADA	CI	DIV	GRUPO		
				1		
PRESIÓN						
ACCESORIOS	MOUNTING BRACKET	INDICADOR	MANIFOLD			
	X					
DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM						
Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones en la selección del o de los equipos con respecto al mantenimiento						
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:					


## 2.4 Transmisor inalámbrico de presión diferencial

Formato de dimensionamiento para el transmisor inalámbrico de presión diferencial, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B002.

	NOMBRE DEL PROYECTO				No de control interno
	INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE TRANSMISORES				FECHA: 23/09/2010
	PLANTA: GOLPE DE ARETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO				Formato: B002 REV.0
ESPACIO PARA DESEMPEÑO DEL ING. DE PROYECTOS					
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				MARCA Y REFERENCIA
	LIQUIDO	GAS	VAPOR		
FLUIDO	X			NINGUNA	Honeywell XYZ000
TEMPERATURA					
	°C	°F	OTRO		
	20				
DESCRIPCION DEL ITEM	OBSERVACIONES ESPECIALES				
B. TIPO DE MEDICION	MANOMETRICA	ABSOLUTA	VACIO	DIFFERENCIAL	
				X	NINGUNA
RANGO DE MEDICION	MINIMO		BAR	mBar	
	NORMAL	X	mmH2O	torr	X
	MAXIMO		PSI	otra	
					NINGUNA
DESCRIPCION DEL ITEM	OBSERVACIONES ESPECIALES				
CONEXION AL PROCESO	ROSCADA	FLANJEADA	OTRA		
	X				NINGUNA
SALIDA	4-20mA	HART	PROFIBUS PA	FOUNDATION FIELDBUS	OTRA
					SEÑAL INALAMERICA MODBUS RTU
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe las condiciones de operabilidad de los equipos				
CONDICIONES DE OPERABILIDAD					
Ergonomía	SI				
Intercambio de herramienta	SI				
Disponibilidad de manejo	SI				
Información Adecuada	SI				
condiciones límite de operación	1200m DE ALCANCE EN LINEA DE VISTA PARA LA SEÑAL INALAMERICA				
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		
	X				
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:				


## 2.5 Transmisor cableado de presión diferencial

Formato de dimensionamiento del transmisor cableado de presión diferencial, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B002.

	NOMBRE DEL PROYECTO					No de control interno	
	INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE TRANSMISORES					FECHA: 23/09/2010	
	PLANTA: GOLPE DE ARETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO					Formato: B002	
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. TIPO DE PRODUCTO	OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO				MARCA Y REFERENCIA		
	LIQUIDO	GAS	VAPOR				
FLUIDO	X				NINGUNA		HOKOGAWA DIA 110-STYLE S2
TEMPERATURA							
	°C	°F	OTRO				
	20						
DESCRIPCION DEL ITEM	OBSERVACIONES ESPECIALES						
B. TIPO DE MEDICION	MANOMETRICA	ABSOLUTA	VACIO	DIFERENCIAL			
				X			NINGUNA
RANGO DE MEDICION	MINIMO		BAR	mBar			
	NORMAL	X	mmH2O	INCHO	X		NINGUNA
	MAXIMO		PSI	otra			
DESCRIPCION DEL ITEM	OBSERVACIONES ESPECIALES						
CONEXION AL PROCESO	ROSCADA	FLANCHADA	OTRA				
	X						NINGUNA
SAIDA	4-20mA	HART	PROFIBUS PA		FOUNDATION FIELDBUS		OTRA
							SEÑAL INALAMBRICA MODBUS RTU
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe las condiciones de operabilidad de los equipos						
CONDICIONES DE OPERABILIDAD							
Ergonomía							SI
Intercambio de herramienta							SI
Disponibilidad de manejo							SI
Información Adiciada							SI
condiciones límite de operación	1200m DE ALCANCE EN LINEA DE VISTA PARA LA SEÑAL INALAMBRICA						
OTRAS							
DESCRIPCION DEL ITEM	Describe las condiciones de APROBACION que requieren los equipos.						
C. CONDICIONES DE APROBACION	ANNA GARIBAYADA	CI	DIV	GRUPO			
							I
ACCESORIOS	MOUNTING BRACKET	INDICADOR	MANIFOLD				
	X						
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:						


## 2.6 Controlador Lógico Programable (PLC)

Formato de dimensionamiento del PLC, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B003.

		NOMBRE DEL PROYECTO		No de control interno				
		<b>INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS</b> PLANTA: PLANTA GOLPE DE ARISTO Y CIMENSA DE EQUILIBRIO		FECHA: d 23 m 09 a 2000		Formato: B003		
REVIS								
ESPACIO PARA DIMENSIONAMIENTO DEL ING. DE PROYECTOS								
DESCRIPCION DEL ITEM		Describa a continuación las características dimensionales del equipo o equipos requeridos en la Planta.						
ALDIMENSIONE DE: APLICACION		CONTROLADOR DE LA FAMILIA		PANASONIC FFX 100				
SELECCIÓN DE LA MARCA Y FAMILIA DEL EQUIPO QUE DESHA UTILIZAR		BASE DE MEMORIA		CAPACIDAD MEMORIA DE PROGRAMA DE 8K PALABRAS				
MICROLOGO		VELOCIDAD DE PROCESO		0.32 Uq/pase por instrucción basica				
SEMENS		INSTRUCCIONES DE PROGRAMACION		12285 palabras				
PANASONIC								
GEFANUC								
OTROS								
DESCRIPCION DEL ITEM		Describa a continuación las necesidades de operación del equipo o equipos seleccionados.						
B. NECESIDADES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS		NECESIDADES FUTURAS DE EXPANSIÓN						
		REQUISITO DE EDICIÓN EN LÍNEA		SE TIENE POR MEDIO DE LA COMUNICACION ETHERNET				
		COMUNICACIONES EN RED		ALTAS PRESTACIONES DE COMUNICACIÓN (HASTA 3 PUERTOS SERIE) ETHERNET, PUERTOS MIDEA Y USB. PROTOCOLO MODBUS, MAESTRO Y ESCLAVO				
DESCRIPCION DEL ITEM		Elija las herramientas y software de programación						
C. HERRAMIENTAS Y SW DE PROGRAMACION		SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE PROGRAMACION		software de programacion TP WIN PRO				
		SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN		software de programacion TP WIN GR				
		SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SUPERVISIÓN		software de programacion TP WIN GR				
DESCRIPCION DEL ITEM		Seleccione la red y cables de programación						
D. DISPOSITIVOS PARA PROGRAMACION		CABLES						
		EMULADORES						
		OTROS DISPOSITIVOS						
DESCRIPCION DEL ITEM		Establezca los requerimientos de entradas y salidas del PLC						
E. NUMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL DISPOSITIVO		I/S		ESPECIFICACIONES		OBSERVACIONES		
				CONDICIÓN				
		16/16		ALIMENTACION	ENTRADA		SALIDA	TERMINAL A TORNILLO
				100 A 240 VAC	24 VCC		SELE	
DESCRIPCION DEL ITEM		Describa otros requerimientos importantes en la selección del dispositivo						
OTROS REQUERIMIENTOS		Ampliación hasta 300 puntos de entrada y salida mediante expansiones propias o 300 si se utilizan las ampliaciones del FPO.						
		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.						

## 2.7 Pantalla Táctil (*Touch Screen*)

Formato de dimensionamiento para la pantalla táctil, teniendo en cuenta sus características técnicas con respecto a los requerimientos de la planta GACHE y utilizando el formato B004.

	<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>		No de control interno
	<b>INGENIERIA BASICA: DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS</b>		FECHA: 6/23/09 a 2010
	PLANTA : PLANTA GOLFS DE ARISTE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO		formato: B004
			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.			
<b>A. DIMENSIONES DEL EQUIPO PLC</b> ESCRIBA LA MARCA Y FAMILIA DEL EQUIPO QUE DESEA UTILIZAR		VISUALIZADOR DE LA FAMILIA  PANTALLA TOUCHSCREEN PANASONIC AJG32MQ C2D	OBSERVACIONES ESPECIALES DEL EQUIPO  MONOCROMATICA
PANASONIC	X		
ALLEN BRADLEY			
HONEYWELL			
OTROS			
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe a continuación las necesidades de operación del equipo o equipos seleccionados.			
<b>B. NECESIDADES DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS</b> NECESIDADES FUTURAS DE EXPANSION REQUISITO DE EDICION EN LINEA COMUNICACIONES EN RED		SE TIENE POR MEDIO DE LA COMUNICION ETHERNET ALTAS PRESTACIONES DE COMUNICACIÓN, PUERTO ETHERNET, USB	
DESCRIPCION DEL ITEM			
Elija las herramientas y software de programación			
<b>C. HERRAMIENTAS Y SW DE PROGRAMACION</b> SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE PROGRAMAR SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE COMUNICACIÓN SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE SUPERVISION		software de programación FP WIN PRO software de programación FP WIN GR software de programación FP WIN GR	
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe la resolución de la pantalla			
<b>D. RESOLUCION RANGO DE OPERACIÓN DE TEMPERATURA FUENTE DE VOLTAJE MAXIMA</b>		320X240 PÍXELES 0° C A +50° C 24VDC	
DESCRIPCION DEL ITEM			
Establezca los requerimientos de entradas y salidas			
<b>E. SELECCIONE EL NUMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL DISPOSITIVO</b>		No DE ENTRADAS ANALOGICAS: 0 No DE SALIDAS ANALOGICAS: 0 No DE ENTRADAS DIGITALES: 0 No DE SALIDAS DIGITALES: 0	
DESCRIPCION DEL ITEM			
Describe otros requerimientos importantes en la selección del dispositivo			
<b>OTROS REQUERIMIENTOS</b>		CUMPLE CON LA RoHS, LA CUAL ES LA LEGISLACION SOBRE SUSTANCIAS QUE AFECTAN LA INDUSTRIA ELECTRONICA	
NOTA: ESTE FORMATO SOLO PERMITE TENER UNA IDEA GLOBAL DE LA SELECCIÓN DE UN DISPOSITIVO INDUSTRIAL, LA SELECCIÓN ESPECIFICA DEL DISPOSITIVO, SE HACE CON RESPECTO A LAS HOJAS DE DATOS DE CADA FAMILIA HECHA POR EL FABRICANTE.			

### 3. LISTA DEFINITIVA DE EQUIPOS

En la Tabla 5 se muestra la lista definitiva de equipos requerida en la planta GACHE.

Tabla 5. Lista definitiva de equipos planta GACHE

<b>No ID</b>	<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Motobomba <i>Siemens</i> 2 HP	1
2	Motobomba <i>Siemens</i> 1/3 HP	1
3	PLC <i>Panasonic</i> FPX 100	1
4	Variador de Velocidad <i>Power Flex 4M</i>	1
5	Platina de Orificio	1
6	Pantalla <i>Touch Screen</i> <i>Panasonic</i> GT32M	1
<b>No ID</b>	<b>NOMBRE DEL INSTRUMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>
7	Transmisor de presión diferencial inalámbrico <i>Honeywell</i> XYR 5000	1
8	Transmisor de presión absoluta inalámbrico <i>Honeywell</i> XYR 5000	1
9	Radio Base <i>Honeywell</i> XYR 5000	1
10	Transmisor de presión absoluta cableado <i>Yokogawa</i>	1
<b>No ID</b>	<b>NOMBRE DEL SENSOR</b>	<b>CANTIDAD</b>
11	Sensor Óptico <i>Allen Bradley</i>	2

**MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA PLANTA  
GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO DEL LABORATORIO DE  
HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**DOCUMENTO DE FILOSOFIA DE CONTROL AUTOMATIZACIÓN  
PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

**Director  
Mag. JUÁN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA  
Docente**

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

**TABLA DE CONTENIDO**  
**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA FILOSOFÍA DE CONTROL**

1.	DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO	112
2.	TABLA DE CONVENCIONES DE VARIABLES Y ETIQUETADO DE EQUIPOS	114
3.	FILOSOFÍA DE CONTROL DE EQUIPO	115
3.1	Lazo de Control Suministro de Agua Tanque de Almacenamiento T_1	115
3.2	Instrumentación en GACHE	115
4	FILOSOFÍA DE ARRANQUE EN GACHE	116
5	ENCENDIDO	117
6	FILOSOFÍA DE OPERACIÓN EN GACHE	118
7	FILOSOFÍA DE PARADA EN GACHE	119
8	DIAGRAMA LOGICO DEL PROCESO	120
9	DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO PFD ( <i>PROCESS FLOW DIAGRAMS</i> )	121
10	PLANOS DE DISTRIBUCION DE PLANTA	122
11	DIAGRAMAS P&ID ( <i>PIPING AND INSTRUMENTATION DIAGRAM</i> )	123



## **1. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

La planta Golpe de Ariete y Chimenea de equilibrio, es una combinación de diferentes equipos, instrumentos, elementos y accesorios, tales como un tanque, una tubería, válvulas entre otros dispositivos, que acoplados y dispuestos de una manera organizada y definida, permiten realizar la práctica de laboratorio que consiste en analizar y estudiar el fenómeno de sobrepresión en una tubería, más conocido como Golpe de Ariete, que consiste en el choque que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es forzado bruscamente. En otras palabras, consiste en la sobrepresión que las tuberías reciben al cerrarse o abrirse bruscamente una válvula o al ponerse en marcha o detenerse una máquina hidráulica.

### **DESCRIPCIÓN**

La planta Golpe de Ariete está constituida por diferentes equipos e instrumentos entre ellos se encuentra la motobomba1, la motobomba2, un tanque de almacenamiento de 3m de altura, una tubería en hierro de 2.5" con una longitud total de 6.75m, en sentido horizontal una chimenea de equilibrio de 2m de altura, dispuesta verticalmente, una válvula manual\_1 de cierre a la salida del tanque, una válvula manual\_2, después de la chimenea de equilibrio, accesorios de acople en la tubería entre otros elementos.

No cuenta en la actualidad con ningún tipo de instrumento de medición, sea de carácter analógico o digital, pues el llenado del tanque se hace por rebose, y la medición del caudal en la tubería, se hace por aforo manual, por otra parte la medición de la altura piezométrica, solo se observa cuando el fluido se desplaza por una manguera acoplada a la chimenea de equilibrio, en la que además se ha dispuesto de un cinta métrica para poder observar la altura hasta la cual llega el fluido.

### **FUNCIONAMIENTO**

Se enciende la motobomba\_1, haciendo el suministro de agua para el llenado del tanque, la cual está encendida, durante toda la práctica, y hace que permanezca el tanque lleno hasta el rebose.

Luego se abre la válvula manual\_2 y se realiza el aforo manual, con un recipiente, en el cual hay una escala de medida, tomando también el tiempo de llenado del fluido en dicho recipiente para calcular el caudal.

Posteriormente se hace un cierre brusco, de la válvula manual\_2, es por esta razón que se presenta el fenómeno de golpe de ariete, es decir la sobrepresión en la tubería. Esta sobrepresión es desfogada por medio de la chimenea de equilibrio, en ese mismo instante se puede observar cuando el agua sube por la manguera, acoplada a la chimenea visualizándose el movimiento del fluido de abajo hacia arriba y viceversa, el desplazamiento es posible obtenerlo gracias a la toma de medida con la cinta métrica que se halla dispuesta en la manguera, los desplazamientos que realiza el fluido son marcados con una tiza, por el auxiliar de laboratorio el cual toma los distintos niveles hasta donde sube y baja el fluido.

Los datos obtenidos en la práctica, como el de caudal, tiempo, alturas piezométricas, son útiles a los estudiantes de ingeniería civil, para realizar el respectivo tratamiento, y análisis del fenómeno de golpe de ariete en una tubería.

A continuación se justificara la documentación en la filosofía de control, para realizar la automatización de la planta golpe de ariete con respecto a su estado actual.

### **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, instrumentación, filosofía de arranque, filosofía de operación, filosofía de parada entre otras, así como las condiciones preliminares de cada una de ellas. Se debe ser explícito y claro para especificar cada paso de ejecución, y se deben incluir etiquetas de las señales y equipos.

## 2. TABLA DE CONVENCIONES DE VARIABLES Y ETIQUETADO DE EQUIPOS

En la tabla 1 se nombran las describen las etiquetas asociadas a los equipos e instrumentos y se nombran las variables relacionadas con el proceso.

Tabla 1 convenciones de variables y etiquetado de equipos

NOMBRE	No ID	DESCRIPCIÓN	NOMBRE DE LA VARIABLE
GACHE	1	PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO	-
V_1	1	VARIADOR DE VELOCIDAD	-
M_1	1	MOTOBOMBA_1	-
M_2	2	MOTOBOMBA_2	-
T_1	1	TANQUE_1	-
N_1	1	-	NIVEL_1
VM_1	1	VALVULA MANUAL_1	-
VM_2	2	VALVULA MANUAL_2	-
F_1	1	-	FLUJO_1
F_2	2	-	FLUJO_2

### **3. FILOSOFÍA DE CONTROL DE EQUIPO**

Actualmente la planta GACHE cuenta con equipos, accesorios y las estrategias de control que se describe a continuación.

#### **3.1 Lazo de Control Suministro de Agua Tanque de Almacenamiento T\_1**

Medición (V\_1), y control (V\_1) del flujo de agua a la salida de M\_1, medición, control e indicación del nivel en (T\_1), a la entrada del fluido en T\_1.

La estrategia de control considerada es la denominada en cascada con un arreglo de salida de fluido de proceso – flujo de agua a Tanque (M\_1-T\_1), la salida del controlador, variador de velocidad es el valor de ajuste (set point) del controlador de presión T\_1, transmisor de nivel, la señal de salida de este regula la cantidad de agua de suministro, a través de M\_1, para obtener en el tanque un nivel adecuado.

#### **3.2 Instrumentación en GACHE**

Medición (V\_1) e indicación (V\_1) en sala de control, de la variación de velocidad en la motobomba (M\_1).

Medición (N\_1) e indicación (N\_1) en sala de control, de la variación de nivel en el tanque (T\_1).

Medición (F\_2) e indicación (F\_2) en sala de control de la variación de Flujo en la tubería.

Medición (N\_2) e indicación (N\_2) en sala de control de la variación de Nivel piezometrico en la Chimenea de equilibrio.

#### **4. FILOSOFIA DE ARRANQUE EN GACHE**

Condiciones preliminares:

- Asegúrese que todas las válvulas de suministro de agua están cerradas (esto incluye las válvulas de control y de corte manual).
- Asegúrese que las alarmas y los instrumentos estén normalizados.

## 5. ENCENDIDO

Dar inicio al sistema, para energizar la motobomba M\_1, la cual hace el suministro de agua al tanque T\_1.

Cerrar la válvula manual V\_1 de la tubería a 100%, para garantizar el inicio del sistema sin el análisis de Golpe de Ariete.

**NOTA:** No existen condiciones relevantes en el modo de operación en GACHE\_1, que sean riesgosas y/o adversas, para cualquier tipo de usuario que se vea vinculado en la práctica.

## **6. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN EN GACHE**

Estando la planta GACHE en servicio se realiza monitoreo de funcionamiento:

- De acuerdo al set point establecido, se procede a revisar si el nivel del tanque N\_1 se encuentra en el porcentaje establecido, para controlar su porcentaje de exceso o déficit en el llenado.
- Cada vez que se establece el valor de consigna o set point, se deben realizar ajustes para garantizar que el nivel siempre permanece constante.
- Cuando se abre la válvula manual 2, VM\_2; y se permite la salida del fluido, se debe garantizar que el nivel N\_1 en el tanque (T\_1), permanecerá invariable.

## **7. FILOSOFÍA DE PARADA EN GACHE**

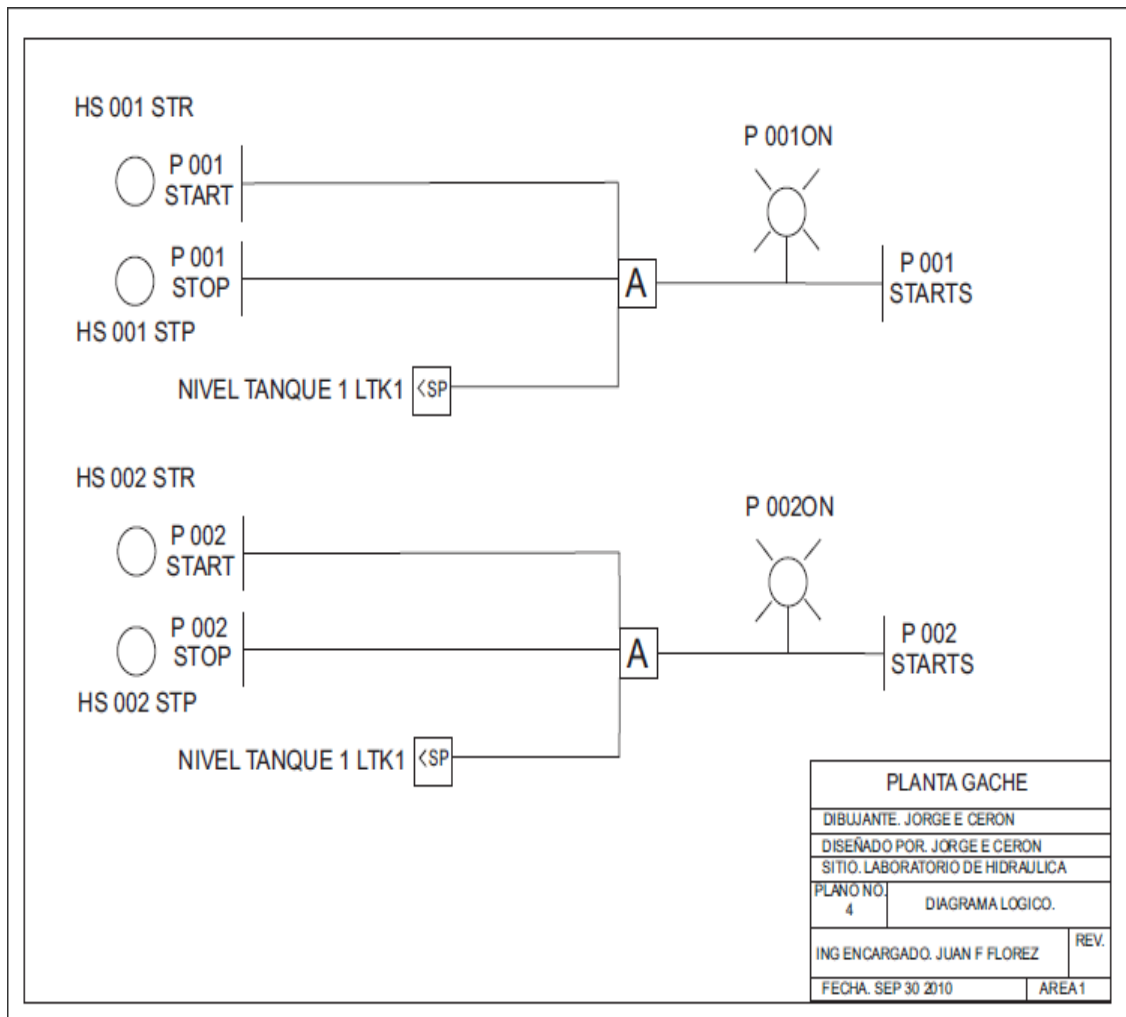
- Cerrar la válvula manual VM\_2, para suspender el flujo de salida de la tubería.
- Cerrar la válvula manual VM\_1, para suspender el flujo de salida del tanque, con el fin de evitar el vaciado del tanque T\_1.
- Enviar la orden de mando para apagar la motobomba M\_1, en caso de que este encendida.
- Enviar la orden de mando para apagar todo el sistema.



## 8. DIAGRAMA LÓGICO DEL PROCESO

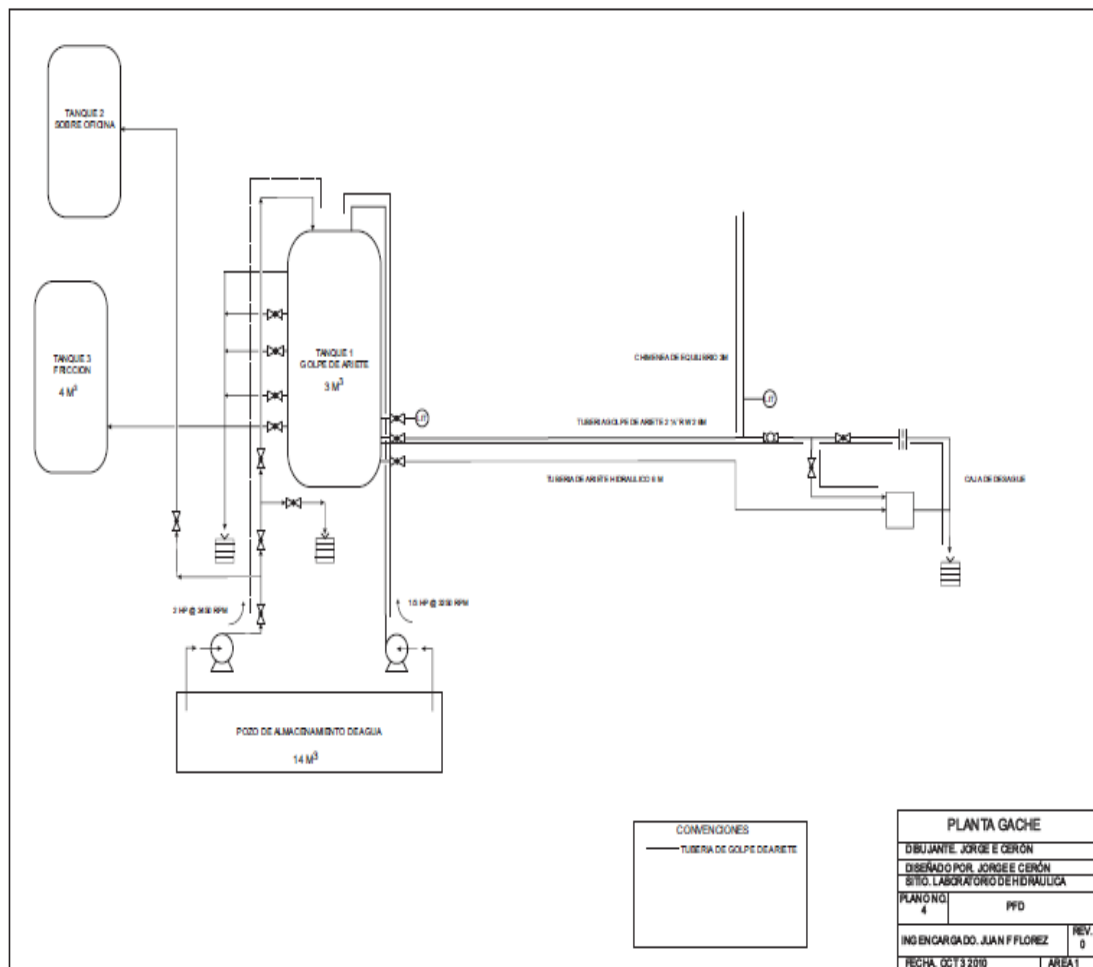
El diagrama lógico que se presenta a continuación, describe los mandos de control para energizar las motobombas que hacen parte del sistema de la planta GACHE.

Este se haya compuesto por cuatro botones, un Start1 y un Stop1 para energizar la motobomba M\_1 y un Start2 y un Stop2 para energizar la motobomba M\_2, las cuales alimentaran el tanque T\_1, hasta un nivel requerido, el cual debe permanecer constante.



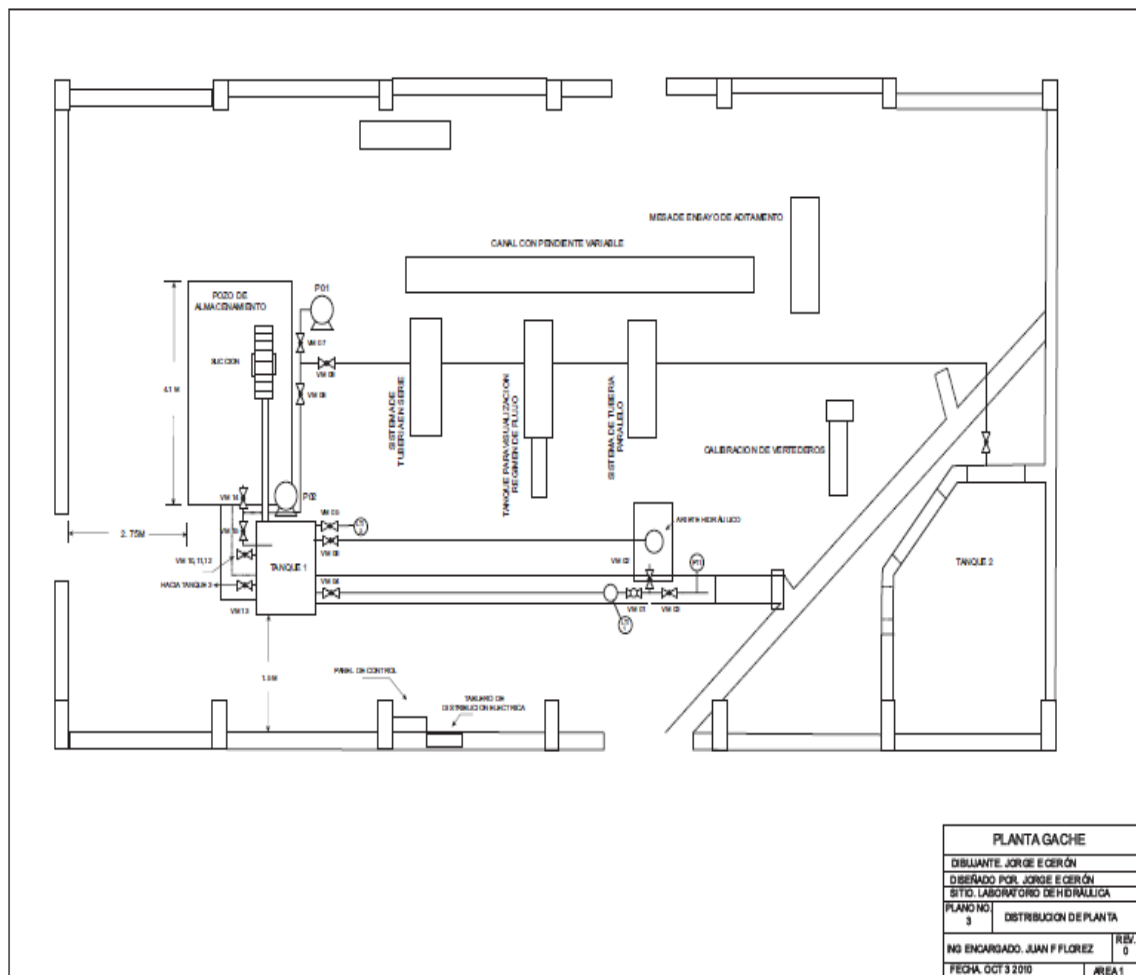
## 9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PFD (*PROCESS FLOW DIAGRAMS*)

El diagrama de flujo presentado, es el que muestra las cantidades de material que entran y salen de la planta GACHE, en este caso entra agua cruda, y sale agua cruda sin que sea realizado ningún tipo de tratamiento para este material diferente al de almacenamiento temporal. En este diagrama se puede observar el tanque T\_1, las diferentes válvulas manuales, la chimenea de equilibrio, entre otros elementos que constituyen la planta.



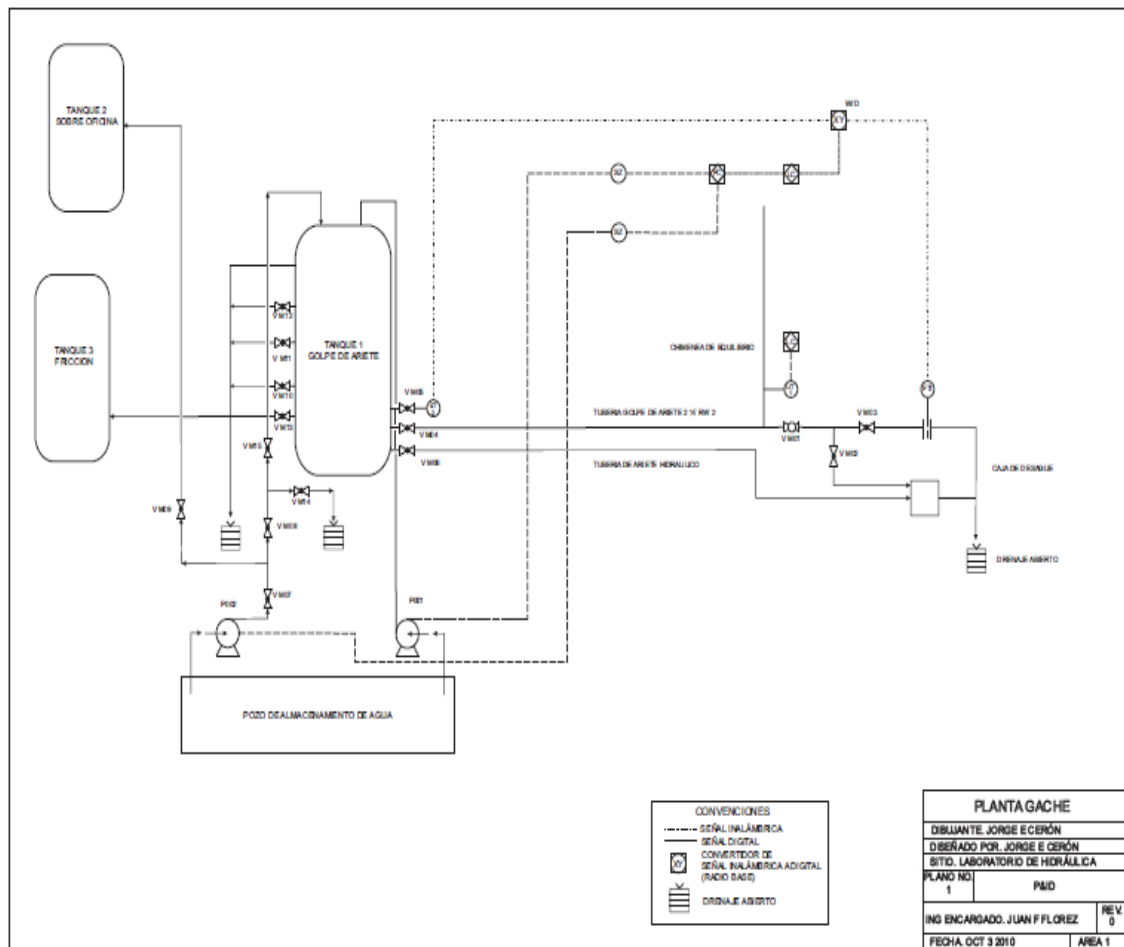
## 10. DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DE LA PLANTA GACHE.

El diagrama presentado muestra la distribución de la planta, esta se encuentra ubicada en la Universidad del Cauca, en la segunda sala del Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil. Este diagrama muestra los diferentes accesos, también como está organizada, y cuáles son los principales elementos que la componen.



## 11. DIAGRAMA PI&D DE LA PLANTA GACHE.

El diagrama PI&D, muestra los lazos de control que se han implementado en la planta, en los cuales se puede ver los elementos de control, actuadores, sensores, y en general toda la parte de instrumentación. A continuación se presenta el diagrama PI&D para la planta GACHE



**MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA PLANTA  
GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO DEL LABORATORIO DE  
HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**APLICACIÓN INGENIERÍA DETALLADA PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN  
PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

**Director  
Mag. JUÁN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA  
Docente**

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

2010

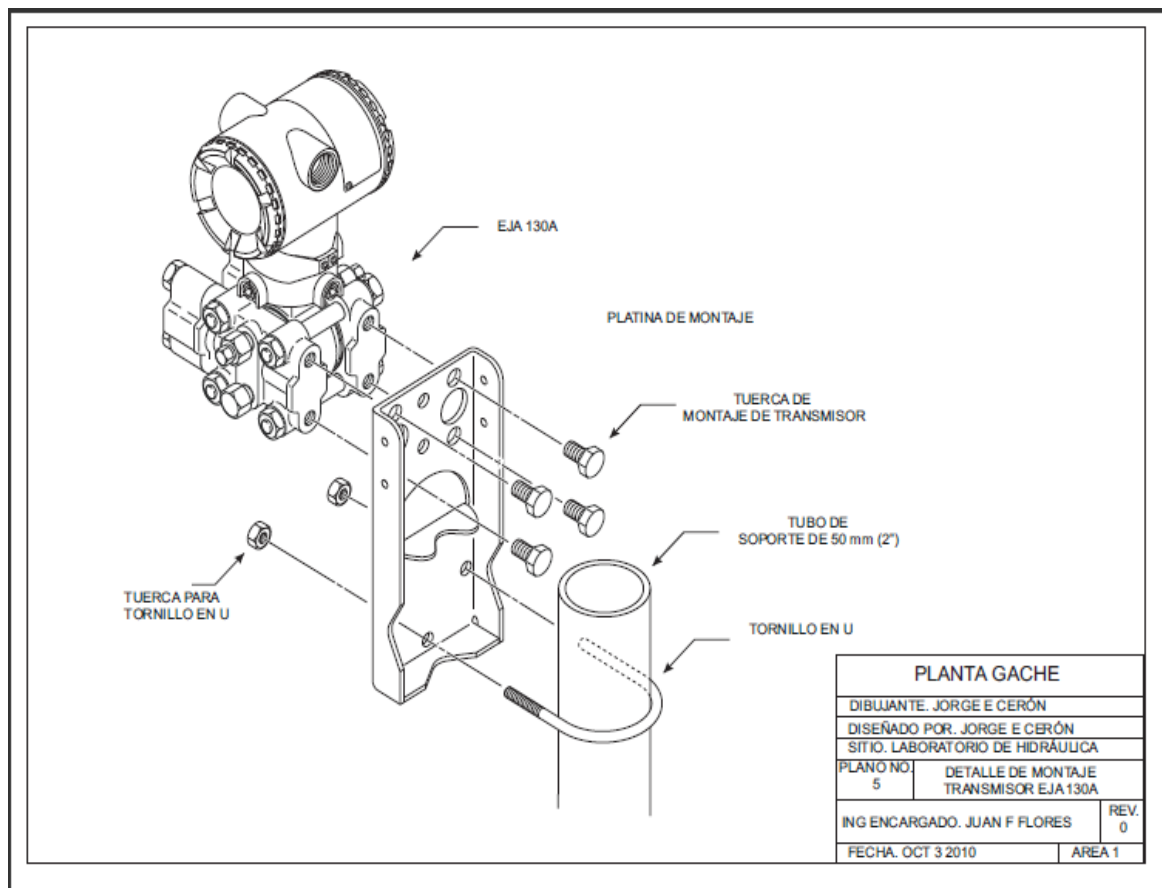
**TABLA DE CONTENIDO**  
**APLICACIÓN INGENIERIA DETALLADA**

1.	TÍPICOS DE MONTAJE	126
1.1	Típico de montaje transmisor de presión diferencial cableado	126
1.2	Típico de montaje e instalación para el transmisor de presión absoluta inalámbrico	127
1.3	Típico de montaje transmisor de presión diferencial inalámbrico	128
2.	TÍPICOS DE INSTALACION	129
2.1	Típico de instalación transmisor de presión diferencial cableado	129
2.2	Típico de instalación transmisor de presión diferencial inalámbrico	130

## 1. TÍPICOS DE MONTAJE

### 1.1 Típico de montaje transmisor de presión diferencial cableado

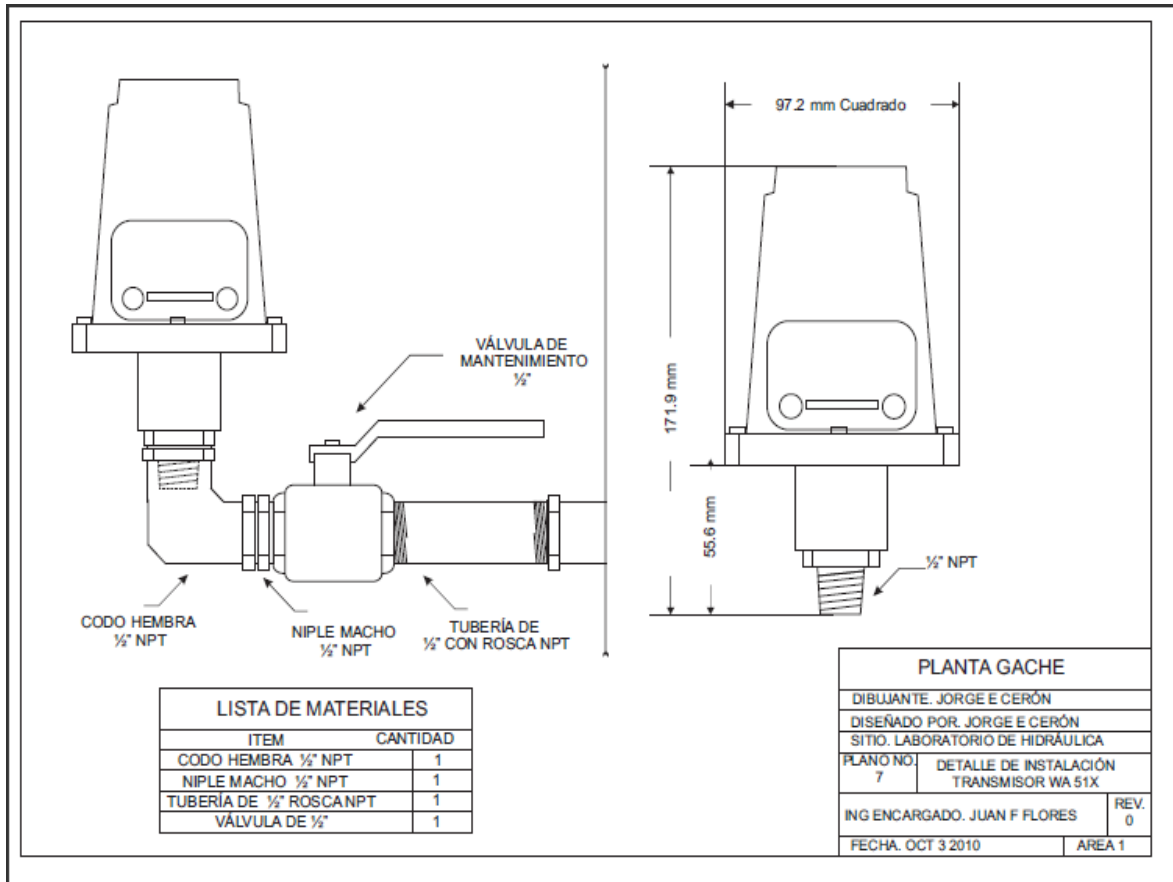
El diagrama mostrado a continuación, es un típico de montaje para un transmisor de presión diferencial cableado, en el cual se puede observar, los soportes, abrazaderas, tornillos de sujeción, entre otros accesorios, indispensables, para su montaje en campo.





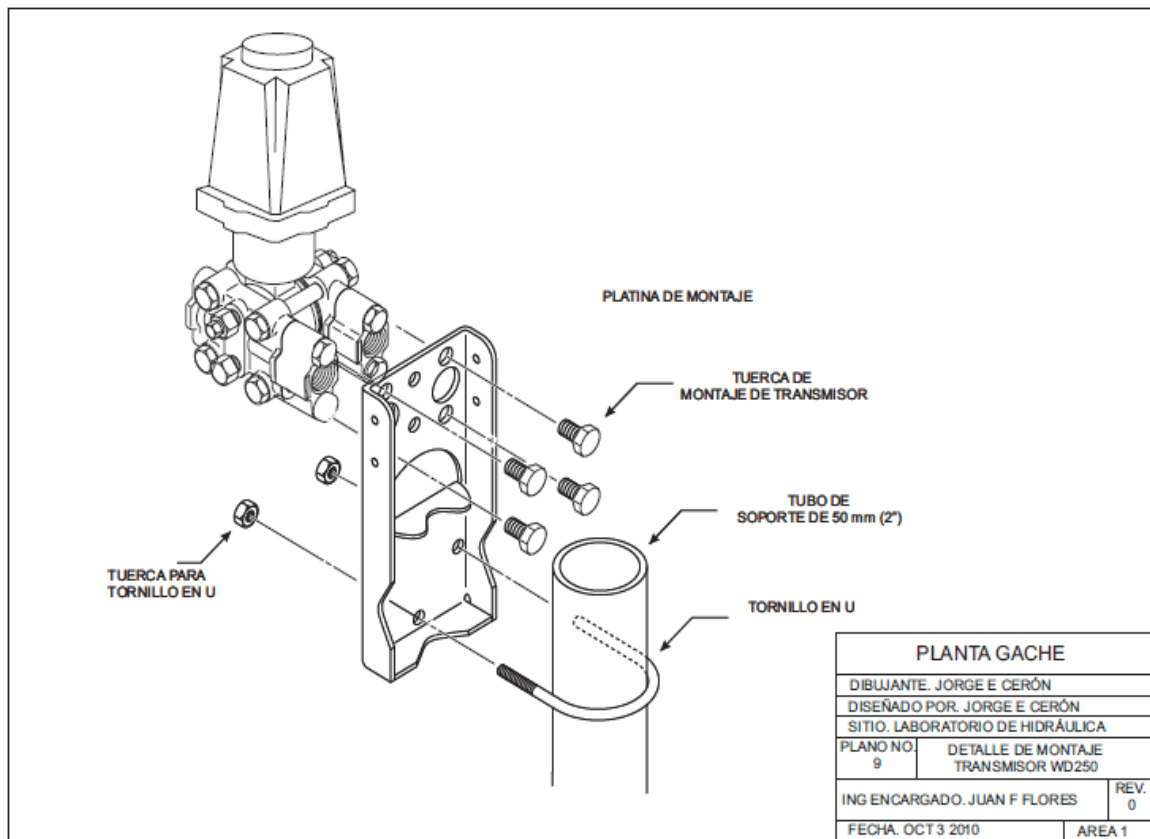
## 1.2 Típico de montaje e instalación para el transmisor de presión absoluta inalámbrico

El diagrama mostrado a continuación, es un típico de montaje e instalación para un transmisor de presión absoluta inalámbrico, en el cual se puede observar, los accesorios, indispensables, para su montaje en campo así como la lista de materiales para la conexión del instrumento al proceso.



### 1.3 Típico de montaje transmisor de presión diferencial inalámbrico

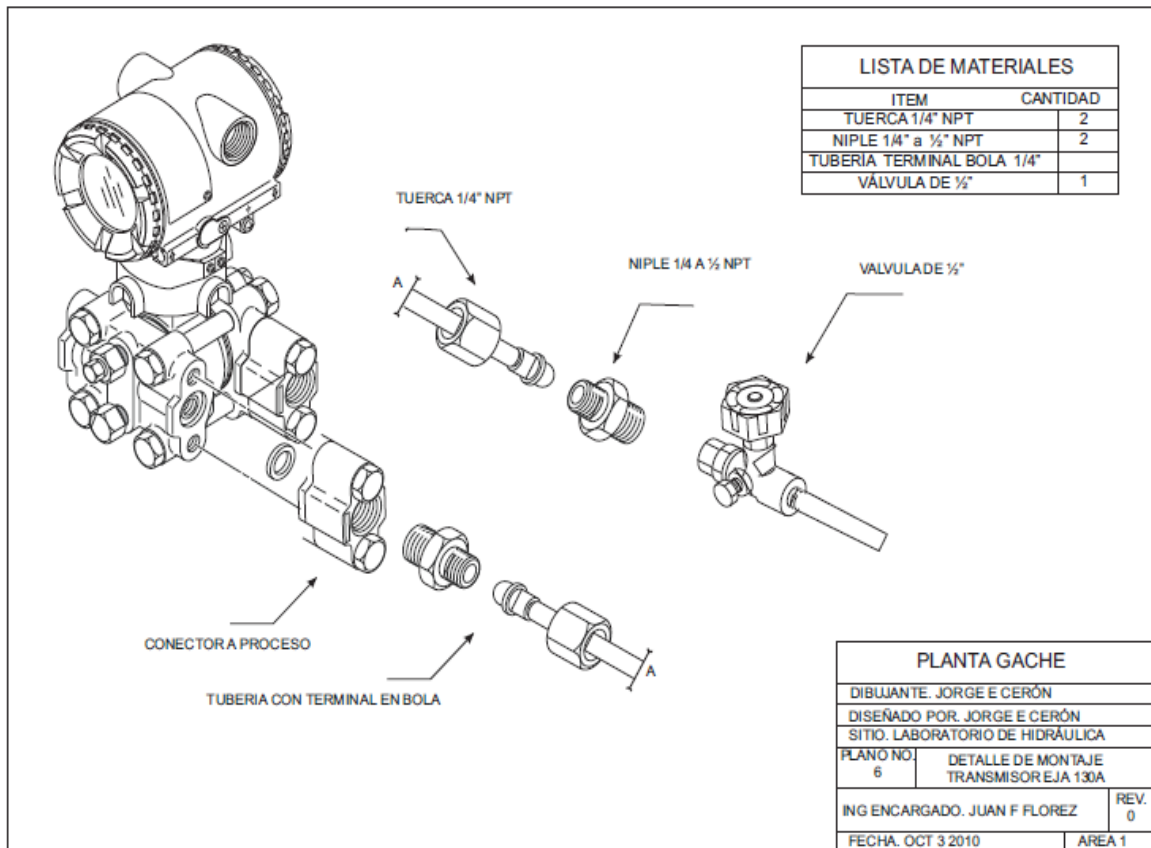
El diagrama mostrado a continuación, es un típico de montaje para un transmisor de presión diferencial inalámbrico, en el cual se puede observar, los soportes, abrazaderas, tornillos de sujeción, entre otros accesorios, indispensables, para su montaje en campo.



## 2. TÍPICOS DE INSTALACIÓN

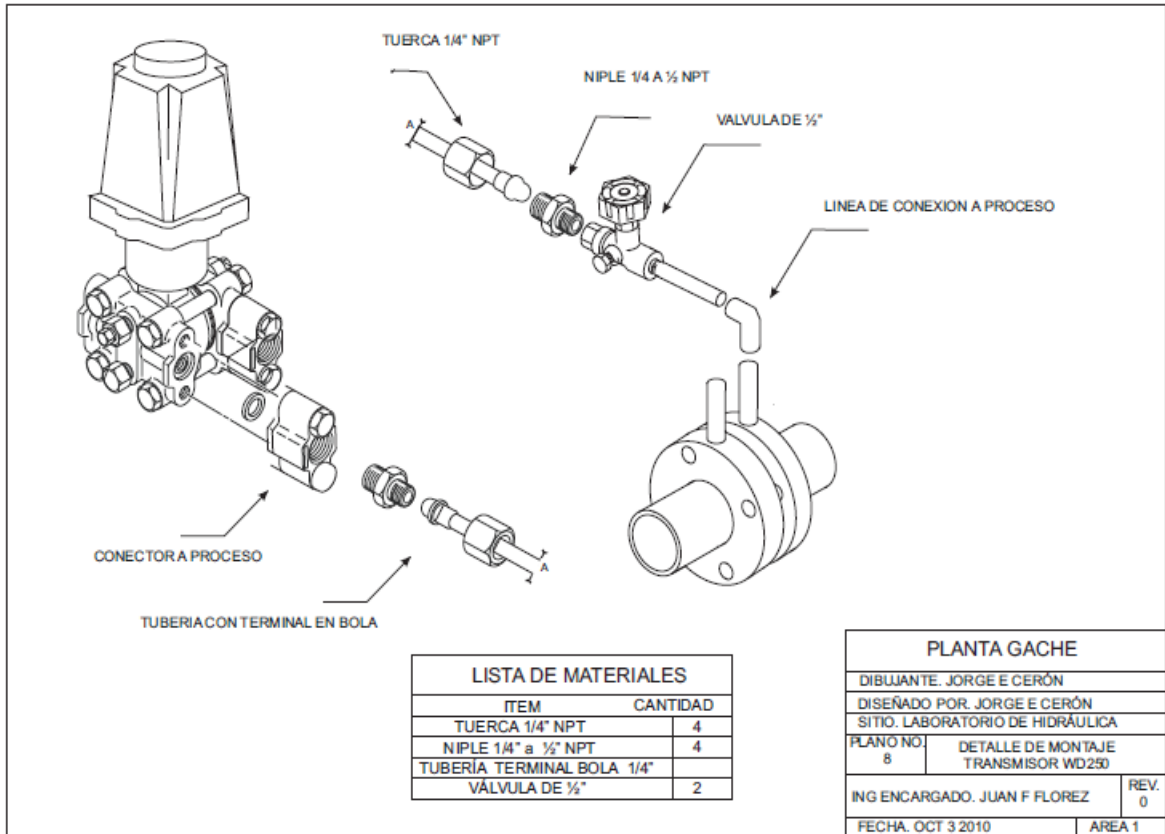
### 2.1 Típico de instalación transmisor de presión diferencial cableado

El diagrama mostrado a continuación, es un típico de instalación para un transmisor de presión diferencial cableado, en el cual se puede observar, la lista de materiales así como los diferentes accesorios para la conexión del instrumento al proceso.



## 2.2 Típico de instalación transmisor de presión diferencial inalámbrico

El diagrama mostrado a continuación, es un típico de instalación para un transmisor de presión diferencial inalámbrico, en el cual se puede observar, la lista de materiales así como los diferentes accesorios y elementos requeridos para la conexión del instrumento al proceso.



**MEJORAMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA PLANTA  
GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO DEL LABORATORIO DE  
HIDRÁULICA DE INGENIERÍA CIVIL**



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

**APLICACIÓN EJECUCIÓN PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN  
PLANTA GOLPE DE ARIETE Y CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

**Director  
Mag. JUÁN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA  
Docente**

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

2010

**TABLA DE CONTENIDO**  
**EJECUCIÓN PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN**

1.	PLAN DE TRABAJO	133
2	PLAN DE TRABAJOS DIARIOS	134
3	PLAN DE RECURSOS	135
4.	LISTA DE MATERIALES	136
	BIBLIOGRAFIA	138

# 1. PLAN DE TRABAJO

En la siguiente tabla se muestra el plan de trabajo y/o lista de actividades a realizar en la planta GACHE, estos se dividen en diferentes tareas, según al área a la cual corresponda, como son: especialidad en construcción, especialidad eléctrica, calibración de instrumentos entre otras.

PLAN DE TRABAJO/LISTA DE TAREAS											
CLASIFICACIÓN DE TAREAS SEGÚN EL TIPO											
#	CONSTRUCCIÓN "C"	PROBADO O EN	ELÉCTRICO "E"	PROBADO O EN	TUBERÍAS "T"	PROBADO O EN	INSTALACIÓN "I"	PROBADO O EN	CALIBRACIÓN "C"	PROBADO O EN	PRUEBAS "P"
1	REGATA		CABLEADO POLO A TIERRA		ACOPLE DEL TRANSMISOR PA		TRANSMISOR FIT-1		TRANSMISOR FIT-1		P Y E C O M I S I O N A M I E N T O
2	EXCAVACIÓN POLO A TIERRA		ETHERNET		ACOPLE DE LAS BRIDAS		TRANSMISOR LIT-1		TRANSMISOR LIT-1		
3			ALIMENTACIÓN MOTOBOMBAS		ACOPLE DE LA TUBERÍA A		TRANSMISOR LIT-2		TRANSMISOR LIT-2		
4			ALIMENTACIÓN DEL PANEL		ALARGAMIENTO TUBERÍA DE DESAGUE		PHOTOSWITCH		PHOTOSWITCH		
5							PLATINA DE ORIFICIO				
6			BORNERAS DE CAMPO				V.MANTENIMIENTO DE T.				
7			CABLEADO DEL TRANSMISOR LIT-2				ARMARIO Y ACCESORIOS				
8							ETIQUETADO				
9											
10											

NOTAS

**PLANTA GACHE**  
 PLAN DE TRABAJO / LISTA DE TAREAS  
 ING ENCARGADO  
 JUAN FERNANDO FLOREZ  
 CERTIFICADO AC  
 CERTIFICADO C.E.O  
 FIRMA ING  
 REV 0 OCTUBRE 19 2010



## 2. PLAN DE TRABAJOS DIARIOS

En la tabla siguiente se muestra el plan de trabajos diarios para la planta GACHE, estos se dividen en diferentes tareas y se hayan codificados según al área a la cual corresponda. Por ejemplo CO1, corresponde a la actividad de construcción 1, de manera similar E1, corresponde a la actividad eléctrica 1, por tanto esta codificación se ha realizado para cada una de las actividades que se van a llevar a cabo en GACHE, teniendo como base la tabla para el plan de trabajos y/o lista de actividades.

PLAN DE TRABAJOS																								
TRABAJO DIARIO/control de seguimiento																								
DÍAS	1	REV	FIRMA ING	2	REV	FIRMA ING	3	REV	FIRMA ING	4	REV	FIRMA ING	5	REV	FIRMA ING	6	REV	FIRMA ING	7	REV	FIRMA ING	8	9	10
ACTIVIDADES	CO1			E5			I1			PI1			PI1			C1			SI7			PRE COMI SIS IÓ N	ENTREGA	
	CO2			E6			I2			PI2			PI2			C2			SI6					
	E1			E7			I3									C3			SI4					
	E2			T2			I4									C4								
	E3			T3			I5																	
	T1			SI3			I8																	
	T3			SI6																				
	T4																							
	SI1																							
	SI2																							
	SI5																							

LEYENDA	A: APROBADO X: RECHAZADO AP: AFLAZADO AC: CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN C.E.O CERTIFICADO DE ENTREGA A OPERACIONES
---------	--

PLANTA GACHE	
PLAN DE TRABAJO	
ING ENCARGADO	
JUAN FERNANDO FLÓREZ	
CERTIFICADO AC	
CERTIFICADO C.E.O	
FIRMA ING	
REV 0	OCTUBRE 19 DE 2010

### 3. PLAN DE RECURSOS

El plan de recursos hace mención, a los materiales, insumos, accesorios y dispositivos de conexión, así como también personal, requerido para llevar a cabo el plan de trabajo diario, listando cada uno de los recursos diarios del proyecto. En la tabla siguiente se muestra el plan de recursos diarios para las actividades dispuestas en GACHE.

PLAN DE RECURSOS										
RECURSOS DIARIOS										
DÍAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R E C U R S O S	PERSONAL MANO DE OBRA	CABLE DE EQUIPOS, BORNERA 20 PINES	HONEYWELL WDS1X, YOKOGAWA EJA110A	PLC PANASONIC FPX 100	PLC PANASONIC FPX 100	HONEYWELL WDS1X, YOKOGAWA EJA110A	ARMARIO EQUIPADO			
	CEMENTO 1 BULTO ARENA 1/2 CARRETA	CAJA DE CONEXIÓN, TUBERÍA ELÉCTRICA	PHOTOSWITCH 42EF ALLEN BRADLEY	RB HONEYWELL XYR 5000	RB HONEYWELL XYR 5000	PHOTOSWITCH 42EF ALLEN BRADLEY	6 TORNILLOS DE EXPANSIÓN DE 5/16"			
	HIDROGEL 30 KG CUNA PARA VARILLA	SOPORTE DE PHOTOSWITCH	ARMARIO	RIEL DIN 1m, 4 X BORNERAS 20 PINES	RIEL DIN 2m, 4 X BORNERAS 20 PINES	HONEYWELL WA51X, PLATINA DE ORIFICIO	SOPORTE PARA PHOTOSWITCH			
	VARILLA COPPERWELL 180 CM 5/8"	VÁLVULA DE BOLA DE 3/4" X 3 PCS	ETIQUETAS X 100 PCS	TOTALIZADOR 3 LÍNEAS, 4 PILOTOS, 1 LLAVE SELECTORA, VARIADOR DE VELOCIDAD 1 FASE	TOTALIZADOR 3 LÍNEAS, 4 PILOTOS, 1 LLAVE SELECTORA, VARIADOR DE VELOCIDAD 1 FASE		SOPORTE VÁLVULAS DE MANTENIMIENTOS			
	ALAMBRE DE CU # 14 50m CABLE UTP 25m	3 RACORES DE 1/2"	ACOPLE DE PHOTOSWITCH							
	CABLE DÚPLEX 2 X 12 25m	4 ABRAZADERAS METÁLICAS 2 1/2"	12 ABRAZADERAS DE 1/2"	2 RELÉ DE ESTADO SOLIDO DE 24 V	2 RELÉ DE ESTADO SOLIDO DE 24 V					
	REDUCCIÓN 2" A 3/4". T 2", UNIÓN DE 2"		2m MANGUERA PLÁSTICA DE 1/2"	TOUCH SCREEN PANASONIC 4"	TOUCH SCREEN PANASONIC 4"					
	UNIÓN TIPO BRIDA DE 2", TUBO DE 1 1/4" 2m		ESPIRAL PLÁSTICO	CABLEADO CONEXIÓN, 6 PULSADORES	CABLEADO CONEXIÓN, 6 PULSADORES					
	SOPORTES PARA LIT-2, FIT-1			ENCAUCHETADO 3 X 10	ENCAUCHETADO 3 X 10 A/WG, 3m					
	HONEYWELL WA51X, PLATINA DE ORIFICIO			CANAleta 3m						
8 x TORNILLOS DE EXPANSIÓN 5/16"										

<b>PLANTA GACHE</b>
PLAN DE TRABAJO
ING ENCARGADO
JAN FERNANDO FLÓR
CERTIFICADO
CERTIFICADO C.
FIRMA ING
REV 0 OCTUBRE 13

#### 4. LISTA DE MATERIALES

A continuación se muestra la lista de materiales y las correspondientes cantidades requeridas para el desarrollo de actividades en GACHE.

##### LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDADES
1	PERSONAL MANO DE OBRA	2	personas
2	CEMENTO	50	kg
3	ARENA	1	carreta
4	CUNA PARA VARILLA	1	PCS
5	HIDROGEL	30	kg
6	VARILLA COPERWELL 5/8"	180	cm
7	ALAMBRE DE CU # 16 polo a tierra	50	m
8	CABLE UTP CATEGORIA 5E	25	m
9	CABLE DUPLEX 2 X 12	25	m
10	"T ", 2"	1	pcs
11	REDUCCION 2" A 3/4"	2	pulgadas
12	UNION TIPO BRIDA DE 2"	2	pulgadas
13	TUBO DE 1 1/4"	2	m
14	SOPORTES PARA LIT-2, FIT-1	2	PCS
15	PLATINA DE ORIFICIO	1	pcs
16	TORNILLOS DE EXPANSION 5/16"	8	PCS
17	CABLE VEHICULAR #18 - 16	1	ROLLO
18	BORNERA	100	PCS
19	TUBERIA ELECTRICA	6	m
20	CAJA DE CONEXION 4x4" PLASTICAS CON TAPA	2	pcs
21	SOPORTE DE PHOTOSWITCH	2	PCS
22	VALVULA DE BOLA DE 3/4"	3	PSC
23	RACORES DE 1/2",	9	psc
24	ABRAZADERAS METALICAS 2 1/2"	4	PSC
25	ARMARIO	1	pcs

26	ETIQUETAS	100	pcs
27	ACOPLE DE PHOTOSWITCH	2	pcs
28	ABRAZADERAS DE 1/2"	12	pcs
29	MANGUERA PLASTICA DE 1/2"	2	m
30	RIEL DIN	2	m
31	TOTALIZADOR 3 LINEAS 30A	2	pcs
32	PILOTOS LED	4	PCS
33	LLAVE SELECTORA DE 2 POSICIONES	1	PCS
34	VARIADOR DE VELOCIDAD	1	PCS
35	RELE DE ESTADO SOLIDO DE 5 V	2	PCS
36	PULSADORES	6	PCS
37	ENCAUCHETADO 3 X 10AWG	3	m
38	CANAleta	3	m
39	SOPORTE VALVULAS DE MANTENIMIENTOS	3	PCS
40	TORNILLO MILIMETRICO 5mm CON TUERCA Y ARANDELA	100	PCS
41	TERMINALES XXXX	200	PCS
42	GRAPAS PARA TUBO ELECTRICO	2	DOCENAS
43	TERMINALES TUBERIA ELECTRICA	10	UNIDADES
44	SWITCH	1	PCS
45	TERMINALES DE ORQUETA	20	PCS
46	BORNERA EN BAQUELITA	6	PCS

<b>PLANTA GACHE</b>	
LISTA DE MATERIALES	
ING ENCARGADO: JUAN FERNANDO FLÓREZ	
FIRMA ING	
REV 0	OCTUBRE 19 DE 2010

## BIBLIOGRAFÍA ANEXOS

- [1]. Especificaciones técnicas (2009) Definición tomada de [Citada 2009 11 10] 2009 Kioskea.net Disponible en línea en: <http://es.kioskea.net/contents/projet/cahier-des-charges.php3>
- [2]. GONZALES, F. Francisco J. Manual para una eficiente dirección de proyectos y obras. editorial FC. España
- [3]. *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>
- [4]. SERVICIO DE MANTENIMIENTO PARA RECUPERAR EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA DE LA GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA DE ECOPEPETROL S.A. UBICADA EN BARRANCABERMEJA SANTANDER.(2003). Documento interno de ECOPEPETROL
- [5]. INGENIERÍA CONCEPTUAL FACILIDADES TEMPRANAS DE PRODUCCIÓN ECOPEPETROL. Documento interno.
- [6]. Artículo: Sistemas Instrumentados de seguridad (SIS) ciclo de vida. Tomado de revista Dyna [mayo de 2010]. Artículo disponible en línea en: <http://www.revistadyna.com/Dyna/cms/articulos/FichaArticulos.asp?IdMenu=10&IdDocumento=139&IdEjemplar=15>
- [7]. Tomado de INERCO. Pagina Oficial.<http://www.inerco.com/en>
- [8]. *Petroleum news and resouces* marzo (2009). artículo de la Revista OIL&GAS. Disponible en <http://www.ogj.com/index.html>
- [9]. ISA. *International Society of Automation*. Pagina web oficial <http://www.isa.org/>
- [10]. IEC. *International Electrotechnical Commission* pagina web oficial <http://www.iec.ch>

- [11]. Manual de Ingeniería de Diseño. Volumen 4-II. Procedimiento de Ingeniería. Planos de Diseño Electrico General. L-STE-018 [1993]. Documento interno de Petróleos de Venezuela PDVSA
- [12]. MULLEY Raymond. MCAVINEW Thomas. Control System Documentation. Applying Symbols and Identification (2004). 2da edición. ISA
- [13]. 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](http://www.isa.org/Content/Microsites165/SP18,_Instrument_Signals_and_Alarms/Home163/ISA_Standards_for_Committee_Use/S_55.pdf)
- [14]. 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
- [15]. 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](http://catalog.asme.org/Codes/PrintBook/Y141_2005_Decimal_Inch.cfm)
- [16]. MEIER A, Frederic; MEIER A, Clifford (2004). *Instrumentation and Control system Documentation*. ISA