

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



Megaproyecto
“Cuarta Fase de la Automatización del Laboratorio de Operaciones
Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala: Módulo de
Planificación”

Trabajo de graduación presentado por Josué Daniel Oropín Mollinedo para optar
al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

GUATEMALA
2011

Megaproyecto
“Cuarta Fase de la Automatización del Laboratorio de Operaciones
Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala: Módulo de
Planificación”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

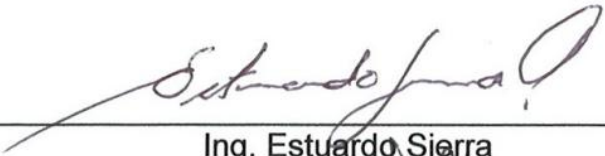


Megaproyecto
“Cuarta Fase de la Automatización del Laboratorio de Operaciones
Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala: Módulo de
Planificación”


Trabajo de graduación presentado por Josué Daniel Oropín Mollinedo para optar
al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

GUATEMALA
2011

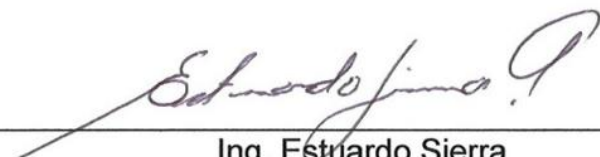
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Estuardo Sierra

Tribunal:

(f) 
MSc. Gamaliel Zambrano

(f) 
Ing. Cristián Rossi

(f) 
Ing. Estuardo Sierra

Fecha de aprobación: Guatemala, 25 de noviembre de 2011

Agradecimientos A:

Dios por Su gracia, misericordia y darme la vida y la oportunidad de concluir este sueño.

Mis papás por apoyarme incondicionalmente en cada momento a lo largo de mi vida y en mis estudios.

Mis abuelitos y mis hermanos por estar siempre ahí cuando los necesito.

Fundación Marfá, Crédito Paiz-Riera y Patrocinadores por apoyarme económicamente en mi carrera universitaria.

ÍNDICE

Contenido	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE DIAGRAMAS.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
1. Generales.....	2
2. Específicos.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
1. Automatización.....	3
2. Caldera.....	9
3. Manejo de granos.....	20
IV. ANTECEDENTES.....	30
V. DELIMITACIÓN E IMPACTO DEL TEMA.....	32
VI. METODOLOGÍA.....	34
VII. RESULTADOS.....	37
1. Planificación.....	37
2. Cotizaciones.....	48
3. Evaluación del Proyecto.....	65
4. Propuesta de página web.....	99
VIII. DISCUSIÓN.....	103
IX. CONCLUSIONES.....	115
X. RECOMENDACIONES.....	116
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	117
XII. APÉNDICE.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1: Panel de control.....	7
Figura 2: Caldera Piro tubular.....	16
Figura 3: Caldera acuotubular.	19
Figura 4: Transportador de tornillos.....	21
Figura 5: Sistema Trimpack.....	72
Figura 6: Sistema Hawk 5000.....	75
Figura 7: Celda de carga marca Fairbanks modelo X-SERIES	87
Figura 8: Válvula mariposa marca BRAY Serie 30	88
Figura 9: Vibrador para silo marca Dwyer serie EBV	89
Figura 10: Medidor de flujo para sólidos.....	90
Figura 11: Contadora de granos marca International Marketing and Design Co, modelo U	91
Figura 12: Diseño del Sitio Web	100

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1: Poder calorífico neto de algunos combustibles	15
Tabla 2: Módulo de caldera, planificación del proyecto	38
Tabla 3: Cronograma de actividades del primer semestre del módulo de caldera.....	41
Tabla 4: Cronograma de actividades del segundo semestre del módulo de caldera.....	42
Tabla 5: Cronograma de actividades del tercer semestre del módulo de caldera.....	43
Tabla 6: Cronograma de actividades del módulo de cuarto de sólidos primer semestre.....	45
Tabla 7: Cronograma de actividades del módulo de cuarto de sólidos segundo semestre	46
Tabla 8: Cronograma de actividades del módulo de cuarto de sólidos tercer semestre	47
Tabla 9: Resumen de Diagrama de Flujo	53
Tabla 10: Entradas y salidas de sensores de caldera	55
Tabla 11: Entradas y salidas de sensores de cuarto de sólidos.....	55
Tabla 12: Proveedores de equipo para automatización	57
Tabla 13: Ponderación de equipos cotizados para caldera	61
Tabla 14: Ponderación de los sensores de cuarto de sólidos.....	64
Tabla 15: Equipos y parámetros que medirán en el proyecto de calderas	67
Tabla 16: Horas proyectadas de mano de obra.....	69
Tabla 17: Depreciación de equipo de caldera.....	69
Tabla 18: Costos reales del proyecto de calderas.....	70
Tabla 19: Equipo y sensores para implementación de Trimpack	72
Tabla 20: Materiales indirectos de propuesta Trimpack	72
Tabla 21: Mano de obra directa para la propuesta Trimpack	73

Tabla 22: Costos de la propuesta de Trimpack	74
Tabla 23: Materiales indirectos de la propuesta Hawk 5000	76
Tabla 24: Precio del Sistema Hawk 5000	76
Tabla 25: Ponderación de propuestas del proyecto de automatización de caldera.....	79
Tabla 26: Resumen de material directo del proyecto de caldera implementado a nivel industrial	80
Tabla 27: Material Indirecto de costos proyectados de caldera.....	81
Tabla 28: Resumen de mano de obra directa del proyecto de caldera implementado a nivel industrial	81
Tabla 29: Resumen de mano de obra indirecta del proyecto de caldera implementado a nivel industrial.	82
Tabla 30: Resumen de costos del proyecto realizado a nivel industrial	83
Tabla 31: Equipo y sensores de la propuesta actual del proyecto de automatización del cuarto de sólidos.....	86
Tabla 32: Costos de la propuesta con celdas de carga.....	89
Tabla 33: Costos de la propuesta con sensores de flujo	90
Tabla 34: Costos de la propuesta de la contadora de granos	92
Tabla 35: Ponderación de propuestas del proyecto de automatización de cuarto de sólidos	94
Tabla 36: Mano de obra implementada en la automatización del cuarto de sólidos.	95
Tabla 37: Costos incurridos del módulo de cuarto de sólidos.....	96
Tabla 38: Material directo de automatización de caldera a nivel industrial	97
Tabla 39: Material directo de automatización de caldera a nivel industrial	97
Tabla 40: Mano de Obra Directa a nivel industrial de la automatización de la caldera.....	98
Tabla 41: Mano de Obra Directa a nivel industrial de la automatización de la caldera.....	98
Tabla 42: Costo del proyecto de automatización del cuarto de sólidos a nivel industrial	99

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama	Página
Diagrama 1: Funciones de cada área en el Megaproyecto	34
Diagrama 2: Diagrama de flujo de propuesta de cotización para futuras automatizaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias.....	48

RESUMEN

Este módulo consistió en la administración y control de recursos humanos y financieros para realizar el proyecto en el tiempo estipulado y con los recursos económicos limitados otorgados por la Universidad del Valle de Guatemala. El fin de esta fase de automatización fue poder determinar la eficiencia de la caldera y de las operaciones que se llevan en el cuarto de sólidos de manera que se cuente con un historial de trabajo, se tenga un menor grado de incertidumbre y que los estudiantes de Ingeniería Química y en Alimentos puedan recolectar datos de una forma más eficiente.

Este módulo contó con las siguientes etapas: a) Planificación: etapa donde se establecieron las fases de los Megaproyectos, también incluía las tareas de cada etapa, sus respectivos tiempos y asignar tareas a cada persona. b) Seguimiento: Consistió en verificar si las metas y tareas asignadas se fueron cumpliendo. c) Cotizaciones: Se buscaron empresas especializadas en venta de equipo de automatización y se les enviaron las especificaciones del equipo que se definieron en la etapa de diseño del Megaproyecto d) Evaluación: Se hicieron los análisis financieros del Megaproyecto. d) Divulgación de información: Consistió en elaborar una propuesta de página web para que otras personas tuvieran acceso a la información de lo que se trabaja en esta fase del Megaproyecto.

I. INTRODUCCIÓN

Este Megaproyecto se consolidó en el 2010 para seguir con la serie de proyectos de automatización que se están llevando a cabo dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle.

Para trabajar adecuadamente en el desarrollo de este proyecto se desarrollaron módulos de trabajo que se muestran a continuación

Módulo de Planificación: Es el encargado de la consecución y logística del seguimiento de la adquisición de materiales del proyecto, siendo un apoyo directo a los otros módulos. Además es el encargado de hacer los análisis financieros y la divulgación de información del proyecto

Módulo de Cuarto de Sólidos: Este módulo busca automatizar el cuarto de sólidos mediante el control de un flujo continuo de granos y control de almacenamiento de granos. Este se divide en dos sub-módulos

- **Diseño:** Se encarga de establecer cuál es el proceso y qué partes necesita el sistema para poder funcionar
- **Implementación:** Se encarga de hacer funcionar el proyecto, en base a los requerimientos del diseño

Módulo de Caldera: Su función es establecer un sistema que permita monitorear distintos parámetros de caldera tales como temperatura de la caldera, presión interna, dureza del agua, flujo de vapor, cantidad de combustible que ingresa a la caldera, entre otros parámetros de tal manera que se pueda obtener la eficiencia de la caldera.

II. OBJETIVOS

1. Generales

- Planificar y controlar el uso efectivo de recursos humanos y financieros para llevar a cabo la automatización de la Caldera y del Cuarto de Sólidos del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

2. Específicos

- Establecer una calendarización con asignaciones de tareas y llevar el control del avance de las mismas para la elaboración de este Megaproyecto.
- Establecer un procedimiento de cotización efectiva para la compra de equipo de futuras automatizaciones en la UVG.
- Hacer un análisis de costo-beneficio del equipo adquirido para la automatización de la caldera y del Cuarto de Sólidos.
- Establecer una propuesta de divulgación de información de esta fase de automatización mediante un sitio web.

III. MARCO TEÓRICO

1. Automatización

La automatización es un sistema donde se transmiten tareas de procesos o máquinas asignadas regularmente a operadores humanos hacia un equipo de dispositivos tecnológicos. La automatización permite asistir a los operadores en esfuerzos físicos y mentales y en las empresas permite mejorar la productividad, simplifica el trabajo y mejora las condiciones de trabajo del personal.

1.1 Objetivos de la automatización. Para Balcells – Romeral (1991), los objetivos de la automatización son:

- Integrar la producción y la agestión
- Aumentar la productividad de la empresa, de manera que exista una reducción de costos y mejore la calidad de la producción
- Incrementar las condiciones laborales, de manera que se eliminen los trabajos forzados y riesgosos.
- Hacer cálculos y operaciones que serían muy difíciles de controlar para un operario
- Simplificar los procesos operativos y de mantenimiento

1.2 Partes principales de un sistema automatizado Un sistema automatizado consta de las siguientes partes

1.2.1 Parte operativa. Es la parte que interviene en el proceso para tomar mediciones o actuar directamente sobre la maquinaria. Dentro de los componentes de esta parte están:

1.2.1.1 Sensores. Los sensores son dispositivos que detectan magnitudes exteriores y la transforman en señales generalmente eléctricas que

permiten ser cuantificadas. Generalmente los sensores que se desean conectar a los PLC en proyectos de automatización y para facilidad del manejo de la señal de los mismos en las industrias se prefieren que tengan una salida de 4-20mA y en casos especiales una salida de voltaje de 1-5V DC.

1.2.1.1.1 Características de los sensores. Dentro de las principales características de los sensores se pueden destacar:

- Precisión: Contempla el error máximo esperado
- Rango de medida: Es el dominio de magnitud que el sensor puede medir
- Sensibilidad: Es la mínima variabilidad que el sensor puede detectar
- Rapidez de respuesta: Tiempo en el que sensor tarda en enviar la magnitud medida.
- Tipo de señal: Contempla la señal de entrada con la que necesita ser alimentada y el tipo de señal que transmite, luego de hacer la medición correspondiente.

1.2.1.1.2 Clasificación de los sensores: Los sensores se pueden clasificar en base a:

1.2.1.1.2.1 Tipo de señal

- Analógicos: Son los sensores que emiten una señal en el tiempo en base a los parámetros que está midiendo.
- Digitales: Es un sensor que sólo puede tener dos valores de salida 0 o 1 y se emplean para verificar el estado de algún sistema. Un ejemplo de este tipo de sensores son, sensores capacitivos de proximidad.

1.2.1.1.2.2 Parámetro a medir. Esta clasificación divide a los sensores acorde a la magnitud que se desea medir como por ejemplo: posición, aceleración, fuerza, nivel, presión, caudal, proximidad, entre otros.

1.2.1.1.2.3 *Aporte de energía.* Acorde a esta clasificación

se dividen en:

- **Generadores:** La energía de la señal de salida es proporcionada por la señal de entrada
- **Moduladores:** Emplean una fuente auxiliar para mantener la señal de salida

1.2.1.2 Motores. Son dispositivos que permiten transformar determinado tipo de energía en energía mecánica, con el fin de realizar un trabajo.

1.2.1.3 Variadores de velocidad. Son dispositivos eléctricos, mecánicos o hidráulicos que permiten el manejar la velocidad maquinas giratorias, especialmente motores. Estos dispositivos convierten la energía que reciben en un centro de control para modular la energía que recibe el motor. En las industrias se requieren de estos aparatos para lograr mayor productividad, ya que la mayoría de los procesos que se realizan necesitan velocidad variable.

1.2.2 Parte de mando. Es el lugar donde se procesa toda la información y se dan las señales de salida correspondientes a los dispositivos de control. La parte de mando puede estar compuesta por:

1.2.2.1 Tecnologías cableadas. Aquí interviene la interconexión de distintos elementos y la interacción de los mismos, para el procesamiento de información y la toma de decisiones. Esta tecnología fue la primera que se utilizó para la automatización industrial, pero presenta varias desventajas. Dentro de los dispositivos para la tecnología cableada están:

- **Relé:** Es un dispositivo electromagnético que al pasar una corriente eléctrica por su bobina, el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente

cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y se permite el flujo de corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

1.2.2.2 Tecnologías programable.: Gracias a los avances en semiconductores, las tecnologías programadas han tenido un gran progreso. El dispositivo que más se utiliza a nivel industrial es el PLC.

1.2.2.2.1 PLC. Por sus siglas en inglés significa Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable, es un dispositivo electrónico, diseñado para controlar procesos en tiempo real y trabajar en entorno que tiene procesos secuenciales. Este aparato es programable en lenguaje no informático como el lenguaje de escalera. Además en este dispositivo convergen las señales de los sensores o se dan las señales para cambiar el comportamiento de algún aparato.

1.2.2.2.2 HMI. Es una interfaz que permite la interacción entre los humanos y el equipo de automatización. Esto permite mostrar en pantalla en tiempo real los procesos y datos o ser un centro de control de manera que los operarios puedan monitorear lo que está pasando en el proceso y tomar ciertas decisiones.

1.2.3 Accesorios: Son aquellos adjuntos que permiten realizar las instalaciones para la automatización.

1.2.3.1 Panel de control. Es lugar físico donde se llevan a cabo todas las operaciones de control y convergen las conexiones de los distintos dispositivos que ayudan a la automatización. En la siguiente figura se muestra distintos elementos que componen un panel de control.

Figura 1: Panel de control



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/electrical-plc-control-cabinet-625766386.html>

Un aspecto importante a considerar cuando se ensambla un panel es el etiquetado de las borneras y de los alambres. Esto permite que en cualquier momento, el técnico o ingeniero de mantenimiento pueda identificar rápidamente que alambres o conexiones deben ser consideradas a la hora de un mantenimiento o cuando se integren nuevos dispositivos.

Dentro de los elementos que se pueden encontrar en un panel de control destacan:

1.2.3.1.1 Borneras. Son puntos de anclaje que permiten distribuir energía en paneles de control y tienen la característica de tener un cuerpo aislante y permitir el acceso de elementos conductores en sus tornillos de fijación. Hay distintas clases de borneras.

- **Borneras de paso:** Son las más comunes y permiten interconectar circuitos eléctricos. Estas a su vez se subdividen en borneras de un piso, doble piso y triple piso y cada una se emplea acorde a la densidad de conexionado y corriente que le pasará.

- **Borneras de puesta a tierra:** Sirven para fijación a tierra de los circuitos, lo cual permite tener mayor seguridad dentro del panel de control. Las normas internacionales que éstas deben ser de color amarillo-verde.
- **Borneras neutras:** Son dispositivos que permiten colocar sobre ellas las barras de neutro de una forma cómoda al resto de los circuitos y permite aislar a los mismos. Estas borneras tienen la característica que son de color azul
- **Borneras con fusible:** Estas borneras tiene incorporado fusibles de vidrio de 20mm de largo y 5mm de diámetro. Estas borneras dan protección adicional al circuito, ya que cuando la corriente pasa de determinado nivel, interrumpe el circuito.

1.2.3.1.2 Riel Ding. Es una regleta metálica que se coloca dentro del panel de control para servir de anclaje a otros dispositivos como borneras y PLC.

1.2.3.1.3 Breakers: Son instrumentos termo-magnéticos que se disparan cuando la corriente es superior a lo que ellos dejan pasar. De esta forma los sensores que están después de estos dispositivos no se ven perjudicados si hay un pico de corriente inesperado.

1.2.3.1.4 Fuente de poder. Es un artefacto que transforma la tensión alterna de la red de suministro en una tensión continua que puede ser de otro nivel de una manera estable.

1.2.3.1.5 Puentes. Son elementos que permiten hacer interconexión entre los contactos de las borneras.

1.2.3.1.6 Topes plásticos. Son bloques de plástico que permiten realizar divisiones dentro del riel ding.

1.2.3.2 Instalaciones eléctricas: Para lograr instalaciones eléctricas para la parte operativa y de mando y permitir la comunicación entre estas dos partes es importante que existan elementos como:

- Cables: Hay de distintos tipos de cables, lo importante es ver cuál se adapta a la necesidad del proyecto. Los cables permiten llevar la potencia a los aparatos y ayuda a la interacción entre la parte operativa y de control.
- Tubería: En el mercado hay varios tipos de materiales para tubería tales como pvc y de metal como zinc. El tamaño de la tubería debe adaptarse de acuerdo al diseño y necesidades del proyecto de automatización.
- Accesorios para tubería: Incluye accesorios como cajas conduit y reducidos bushing, que ayudan a la seguridad y desarrollo de las instalaciones.

2. Caldera

La caldera es un dispositivo que está diseñado para producir vapor saturado, el cual se produce mediante transferencia de calor a una presión constante a un líquido, que generalmente es agua, gracias a la transformación de la energía química de un combustible en energía calorífica. Para que surja la combustión es necesario que existan los siguientes elementos:

- Fuego
- Aire
- Combustible

La reacción básica que se da en el proceso de combustión de un hidrocarburo en una caldera provoca dióxido de carbono y agua y otros productos tales como NO_x y SO_x acorde a la composición del hidrocarburo. Lo siguiente se puede apreciar en la siguiente ecuación



Una vez realizado el intercambio térmico, los humos son expulsados al exterior a través de la chimenea. Estos dispositivos son casos especiales de intercambiadores de calor y dentro de ellos se produce un cambio de estado. El material que se construyen las calderas es de acero laminado, pues son recipientes que deben contener alta presión.

2.1 Aplicaciones de la caldera. Las calderas son dispositivos de alta eficiencia energética por lo que en la mayoría de industrias son utilizadas. Dentro de sus aplicaciones destacan:

- Generación de electricidad: Ocurre por la transformación de la energía mecánica del vapor en energía eléctrica. El proceso inicia cuando el vapor generado por la caldera mueve una serie de turbinas que están conectadas a un generador.
- Calefacción: Se da mediante los mecanismos de transmisión de calor a través de la radiación en las paredes del hogar o edificio.
- Industria Alimentaria: Las calderas se emplean para procesos de conserveras, embotelladoras, producción de aceites, cervezas, jugos, entre otros.
- Industria de Construcción: El vapor es vital para fabricar hormigón, cerámica, entre otros elementos.
- Otras aplicaciones: El vapor generado por las calderas también es usado en algunas industrias para lavar platos, reciclar, etc.

2.2 Componentes de la caldera: Una caldera está compuesta principalmente de:

2.2.1. Ventilador: Es el dispositivo encargado de abastecer de aire para la combustión de la caldera y ayudar a liberar los gases de combustión a la

chimenea, acorde al diseño de la misma. Una de las características que deben tener los ventiladores es que deben poseer un flujo de 15% superior a la carga máxima, debido a la limpieza que necesite la caldera, por desgaste de los ventiladores o por la baja calidad del combustible suministrado.

2.2.2. Tambor de vapor: Es un tambor donde el vapor y el agua se dividen, mediante un separador mecánico mediante fuerza centrífuga. En este componente se encuentra la entrada de agua de alimentación y ahí también van conectados los tubos de flujo descendente y ascendente.

2.2.3. Caja de secado: Es un tambor que permite recolectar el vapor seco y distribuirlo a lo largo de los tubos de salida hacia el supercalentador.

2.2.4. Tambor de lodos: Son los cabezales que permiten la recolección en los tubos descendentes y ascendentes en el fondo de los haces. Su función es almacenar la purga, la cual es un líquido que se quita de la caldera con el fin de eliminar lo más que se pueda el nivel de sólidos en el agua de la caldera.

2.2.5. Precalentador de aire: Es un intercambiador de calor que contiene vapor de baja presión que se condensa y regresa al sistema de la caldera mediante agua de alimentación. La temperatura de entrada del aire que entra en este dispositivo 60°C a 80°C.

2.2.6. Calentador de aire: Es la parte que permite incrementar la temperatura del aire que se empleará en la combustión.

2.2.7. Caja de aire: Es el compartimento que lleva el aire del ventilador hacia los quemadores.

2.2.8. Economizador: Es el lugar donde existe un intercambio de temperatura entre el agua de la caldera y los gases de combustión con el fin de optimizar el uso de combustible y reducir el impacto ambiental. Este componente puede estar dentro o fuera de la caldera dependiendo del espacio interior de la misma.

2.2.9. Quemadores: Son los componentes de la caldera que regulan y otorgan el combustible para mezclarlo con las proporciones de aire, dando así una combustión correcta. Los quemadores deben proporcionar una llama uniforme y estable que se distribuya a lo largo del hogar.

2.2.10. Deshollinador: Es un elemento que permite mantener el exterior de la superficie de los tubos de manera limpia y libre de material que interrumpa la transferencia de calor. Su sistema funciona mediante un soplador de vapor.

2.2.11. Tubos descendentes: Son tubos que permiten que el agua que incrementado su densidad vaya hacia al tambor de lodos.

2.2.12. Tubos ascendentes: Son tubos por donde el agua que ha disminuido su densidad suba hacia al tambor de vapor.

2.2.13. Hogar: Es la parte que engloba la zona radiante de la caldera y está compuesto por una serie de tubos

2.1.13.1 Tipos de hogares:

De acuerdo a la forma en que se ubican los quemadores los hogares se dividen en:

- ✓ Paralelo: Cuando los quemadores se colocan atrás o al frente.

- ✓ Turbulento: Cuando los quemadores se localizan en las esquinas y transfieren combustible de manera tangencial. Los hogares turbulentos son ideales para la quema de carbón, ya que inyecta la cantidad adecuada de aire y combustible.

2.1.14 Supercalentador: Es un componente de la caldera que permite incrementar la temperatura del vapor por arriba del punto de saturación mediante una superficie de absorción de calor. Este dispositivo permite que se incremente la eficiencia de la caldera y que se aumente la transferencia termodinámica de vapor.

2.1.15 Chimenea: Es el canal por donde salen los gases de combustión.

2.3 Funcionamiento de una caldera. Primero entra agua de alimentación a la caldera que se almacena en una cámara donde el nivel de agua sobrepasa los conductos que contienen los gases de combustión, para que la transferencia de energía sea adecuada. Posteriormente el combustible se quema en el hogar, lugar donde el calor se transfiere por radiación.

Cuando se quema el combustible se liberan gases que se transportan a lo largo del haz tubular; en dicho lugar el calor se transfiere por conducción y convección. El vapor húmedo que se genera es evacuado a la purga de fondo, mientras que el vapor seco se almacena en una cámara separada y se llevado a los lugares donde es solicitado mediante la red de tuberías. Los gases de combustión son retirados mediante el desairador que los lleva hacia la chimenea, donde son expulsados finalmente

2.4 Eficiencia de una caldera. En las industrias es muy importante conocer esta razón para determinar cuanta energía introducida de la caldera, sale como energía útil. Para calcular dicha eficiencia existen dos métodos.

2.4.1 Método directo. En este método se obtiene la relación entre la energía aprovechada de la conversión del agua en vapor y la energía que entra a la caldera mediante el combustible. Esta razón se expresa de la siguiente manera

$$\text{Eficiencia de la caldera} = \frac{\text{Calor que sale por el vapor producido}}{\text{Calor entregado por el combustible}} * 100\%$$

A continuación se describen cada uno de los componentes de la fórmula

- Calor que sale por el vapor: Este vapor se calcula utilizando las tablas de vapor, por lo que se debe conocer:
 - ✓ Flujo de vapor
 - ✓ Temperatura del agua de alimentación
 - ✓ Presión del vapor producido
- Calor entregado por el combustible: Este magnitud se calcula con base al calor suministrado (m) y su poder calorífico (Pc). Esta energía se expresa de la siguiente manera

$$Q_{\text{suministrado}} = m * Pc$$

- Poder calorífico: Es la cantidad de energía que una unidad de masa puede liberar al producirse una reacción química de oxidación. Puede dividirse en bruto y neto.
- Poder calorífico bruto: Es la cantidad total de energía que un combustible puede liberar.
- Poder calorífico neto: Es la cantidad de energía que se produce en la combustión no tomando en cuenta las pérdidas.

A continuación se detalla el poder calorífico de algunos combustibles

Tabla 1: Poder calorífico neto de algunos combustibles

Clase de combustible	Poder calorífico neto
Carbón térmico	19,405 MJ/t
Coque de petróleo	30,675 MJ/t
Gas licuado	3,765 MJ/bl
Diesel	5,426 MJ/bl
Combustóleo	6,019 MJ/bl
Bagazo de caña	7,055 MJ/t
Gas natural	33,913 kJ/m ³

Fuente: SENER. Balance Nacional de Energía 2005

2.4.2 Método indirecto. Es un método que se enfoca en obtener las pérdidas de calor, las cuáles pueden ser:

- Pérdidas por radiación
- Pérdidas por calor en purgas
- Pérdidas de calor en gases de combustión
- Pérdidas por combustible que no tuvo combustión

El método indirecto se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia de la caldera} = (100 - \text{pérdidas}) * 100\%$$

2.5 Clasificación de las calderas. Las calderas se clasifican acorde a las características de: presión, materiales de construcción, uso, forma, contenido, posición de tubos, fluido utilizado, sistema de circulación, posición, etc.

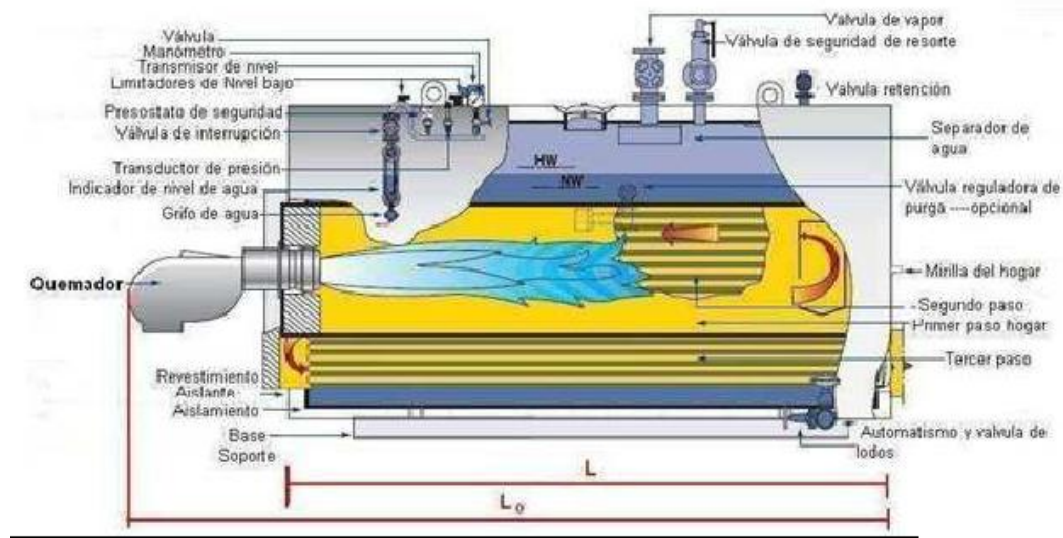
La principal clasificación que se da a nivel industrial es de acuerdo a la característica de diseño y existen dos tipos de estas calderas:

2.5.1 Pirotubulares: También es conocidas como tubos de humo y este tipo de calderas tiene una circulación de fuego y de gases de combustión a través de tubos que se encuentran envueltos por agua, esto ocasiona que exista una transferencia de calor hacia el agua, pues hay una diferencia de

temperatura entre el agua y los gases. Cuando se finaliza el intercambio térmico el humo es trasladado al exterior mediante una chimenea.

Estas calderas generalmente pueden funcionar hasta con 20 bares y su producción máxima llega hasta 20 Tm/hr.

Figura 2: Caldera pirotubular



Fuente: Spirex Sarco

2.5.1.1 Características

- El fluido de menor de temperatura que es agua fluye fuera de los tubos, mientras que el calor circula por dentro de ellos
- Las calderas más grandes de este tipo producen hasta 18,000 lbm/hora de vapor
- La transferencia de calor se da mediante los gases de combustión
- Algunas de estas calderas pueden operar con presión de hasta 300 psig
- La forma de los tubos que contienen pueden ser continuos o de retorno, dependiendo del flujo de los gases.
- Pueden poseer un fogón externo o un hogar interno
- Pude contener entre uno y cuatro retornos

- El espacio que está arriba del nivel de agua se llama cámara de vapor
- Los fluidos termodinámicos que emplean es agua y aceite térmico

2.5.1.2 Ventajas

- Almacena alto volumen de agua
- Permite generar alta cantidad de vapor
- El costo de instalación es bajo en comparación a la acuotubular
- Se pueden emplear para una producción estandarizada
- Su eficiencia fluctúa entre 79-85%.
- Admiten efectos ocasionados por las fluctuaciones en la demanda de vapor
- Debido a su forma y tamaño es fácil de transportar.

2.5.1.3 Desventajas

- Debido a su arranque es en frío es muy lento, para llegar a tener una presión de trabajo adecuado
- El tamaño de la caja del hogar no puede ser modificado para que tenga mayor capacidad
- El mantenimiento interno requiere de cuidados especiales
- No se pueden utilizar para presiones demasiado altas
- Peligro de explosión
- Cuando tiene una sobrecarga arriba del 40% su operación se vuelve crítica
- La temperatura de los gases se incrementa cuando hay un exceso en la demanda de vapor.

2.5.2 Acuotubulares. También es conocida como tubos de agua y tienen un sistema contrario a las pirotubulares, ya que en el interior de los tubos circula una mezcla de agua-vapor que integra un circuito cerrado que permite la superficie para el intercambio de calor. La llama de los quemadores surge en el contorno rodeado por las paredes tubulares, a ese lugar se le llama

cámara de combustión u hogar. En este tipo de caldera el agua fluye en el interior gracias a la fuerza de las bombas de circulación. El vapor generado es regulado el nivel medio de agua en el calderín superior, por lo que hay un rango aceptable de operación que permite separar el vapor generado.

Las calderas acuotubulares son las que más se emplean en las centrales eléctricas debido a que están diseñadas para producir vapor a alta presión, lo cual permite gran generación de energía.

A continuación veremos más detalles acerca de estas calderas.

2.5.2.1 Características

- Requieren de agua de alimentación con tratamiento químico especial
- El agua fluye por el interior de los tubos, mientras que por el exterior circulan los gases de combustión.
- Los tubos que contienen el agua dentro de la caldera son de acero al carbono
- A la salida de los gases de combustión necesitan precipitadores
- Generalmente tiene un diseño vertical, para aprovechar aún más la energía calorífica de los gases de combustión.
- De acuerdo a su diseño pueden ser de circulación natural o forzada
- Tienen calentadores de aire en la chimenea

2.5.2.2 Ventajas

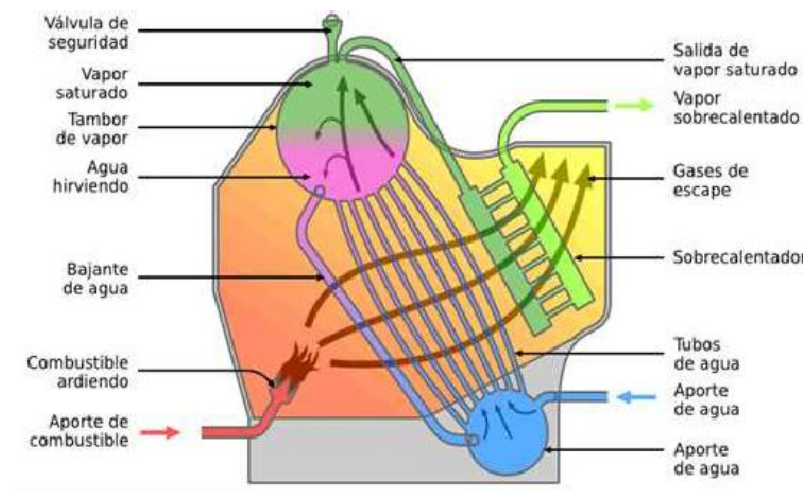
- Tienen un horno propio que se localiza en el interior y lejos de la lugar de evaporación
- Tiene gran volumen y altura
- Pueden almacenar gran cantidad de aire en su hogar
- Producen vapor de alta presión y tienen un gran rendimiento

- El tiempo para estabilizar la presión a su nivel de trabajo es corto en comparación a la caldera pirutubular.
- Posee mayor flexibilidad para las variaciones en la demanda de consumo de vapor, pues almacena menor cantidad de agua.
- Puede emplear mayor gama de combustibles; por ejemplo puede usar combustible líquido, sólido, gaseoso y biomásico.
- El vapor que produce es seco por lo que la transferencia de calor es más eficiente

2.5.2.3 Desventajas

- El lugar de instalación debe ser grande, debido al tamaño de la misma
- El mantenimiento de esta caldera es costoso
- Cuando se realiza el mantenimiento respectivo se torna difícil debido a que no se puede acceder fácilmente a la zona de convección

Figura 3: Caldera acuotubular.



Fuente: Spirex Sarco

2.6 Seguridad Industrial. La mayoría de explosiones de calderas dentro de las industrias se dan por las incrustaciones calcáreas del agua dentro de los tubos internos de la caldera. Por esta razón es importante que al agua de alimentación se le un tratamiento de suavizado para disminuir la dureza del agua que es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua.

3. Manejo de granos

Para manejar granos dentro de las industrias se utilizan dispositivo para almacenamiento, para el transporte y disminución de tamaño de los mismos.

3.1 Almacenamiento

3.1.1 Silos. Son contenedores de que permiten almacenar granos y otros componentes a granel y garantiza su resistencia debido a la presión interna de la carga. Todos los silos tienen aberturas de alimentación y bocas de descarga en los laterales en la base. Las superficies de los mismos deben ser lo más lisas posibles, para facilitar el flujo del producto.

3.2 Transporte. Para llevar granos de un lugar a otro es importante considerar los siguientes dispositivos.

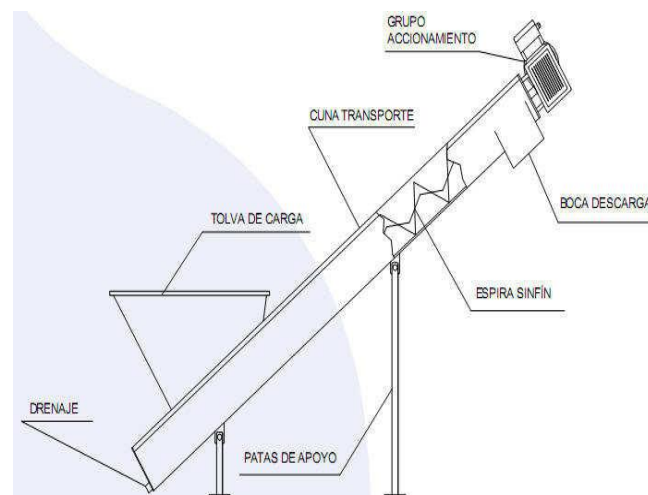
3.2.1 Transportadores de banda. Están compuestos de 2 o más poleas con un material circulando continuamente entre ellas. La polea motorizada es conocida como “polea motriz” mientras que la otra es conocida como “polea conducida”. Posee dos tipos de capas: una capa inferior de material, que también se llama “carcasa”, cuya función es otorgar fuerza lineal y es de algodón o plástico o de malla; por otro lado también cuenta con una capa superior llamada “cubierta”. La cubierta está integrada por distintos compuestos de plástico o hule especificados por el uso de la banda. Las cubiertas pueden ser

fabricadas de materiales menos comunes para aplicaciones especiales tales como el uso de silicón en caliente o goma de caucho donde la tracción es esencial.

3.2.2 Transportadores de tornillo helicoidal. Es un sistema capaz de mover materiales a granel, prácticamente en distintas direcciones, que consta de aspas helicoidales que están montados sobre un eje que gira sobre una artesa que desplaza el material en un canalón. Los transportadores de tornillo se adaptan a varias operaciones de procesamiento. Estos dispositivos pueden ser construidos con una variedad de materiales y los más comunes son hierro colado y acero inoxidable. La rotación del mismo depende de la naturaleza del grano que se desea transportar y del diámetro del tornillo.

En el caso que se manejen materiales pegajosos es recomendable que en sus aspas exista caucho. Cuando el desplazamiento del material es vertical o inclinado se emplean tornillos de paso corto y con aspas dobles para no permitir acción de inundación.

Figura 4: Transportador de tornillos



3.2.3 Transportador neumático. Es considerado como el mejor sistema de transporte, carga y descarga de granos y además ofrece la ventaja de tener costos bajos en mantenimiento. Este sistema funciona mediante una corriente de aire de un ventilador que pasa a través de una tubería. El volumen y la presión de aire se calculan de acuerdo al tipo y cantidad de grano.

3.2.4 Ciclón. Es una estructura que permite disminuir la velocidad de aire del transportador neumático por lo que el grano cae por gravedad hacia un contenedor, que está por debajo de la boquilla inferior del ciclón

3.3 Equipo para reducción de tamaño

3.3.1 Molino de discos. Este tipo de molino consta de dos discos que se frotan mutuamente y generalmente tienen un diámetro entre 102 y 1524 mm. Este molino es ideal para moliendas gruesas, pero el éxito de la molienda dependerá de la presión de los platos, velocidad de alimentación, potencia del motor, tipo de grano y sus condiciones

3.3.2 Molino de martillos. Es un artefacto que tiene piezas llamadas martillos que pueden estar oscilantes o fijas que se encuentran montadas sobre un eje que rota. Este molino cuenta con una malla que permite el paso del producto. El molino de martillos es ideal para moliendas medias y finas. Básicamente la reducción del tamaño del grano se da por los impactos de los martillos, por los cortes de bordes de los martillos o por la acción de frotamiento.

3.3.3 Molino de rodillos. Es un molino que consta de dos rodillos que por lo general se encuentran acanalados y que se encuentran ubicados paralelos al eje de los mismos. El movimiento de los rodillos es en sentido inverso con velocidades no iguales.

4. Gestión de compras

La realización de compras es uno de los puntos críticos para las empresas, pues de esto dependerá que se obtenga el producto que mejor se adapte a sus necesidades y este a tiempo cuando se necesite. La logística de compras es llevada a cabo en una empresa generalmente por un Departamento de compras

4.1 Departamento de compras. La función del departamento de compras es asegurar que la empresa tenga los mejores proveedores para poder abastecer los mejores productos y servicios, siempre buscando una reducción de costos aumentando así el margen de utilidad.

4.2 Responsabilidades del departamento de compras. Las principales funciones que posee el departamento de compras son las siguientes:

- Mantener la continuidad de los insumos siempre tomando en cuenta el plan maestro de planificación.
- Adquirir los suministros de acuerdo a las normas de calidad requerida.
- Adquirir los productos al costo total más bajo posible, siempre que se encuentre dentro de las condiciones y plazos de entrega requeridos.
- Prevenir las variaciones de precios del mercado, y las tendencias que sean de interés de la organización.

4.3 Proceso de compras. Para la realización de un proceso de compras eficaz y eficiente debe existir comunicación entre los departamentos involucrados. Generalmente el proceso de compras se resume de la siguiente manera.

1. Reconocimiento de la necesidad: El proceso de compras inicia cuando el comprador reconoce la necesidad de adquirir materiales que son necesarias para las funciones principales de la empresa, ya sea comprar materiales básicos para la producción o herramientas tecnológicas para aumentar la productividad de la empresa.
2. Búsqueda de información: El comprador en esta fase debe buscar información necesaria en el mercado sobre los distintos proveedores, los parámetros de oferta que existen, las características del producto y las exigencias de calidad de la empresa.
3. Formación de alternativas: El comprador envía una solicitud de cotización a los proveedores y da seguimientos a las mismas para armar una especie de base de datos de cotizaciones y proveedores.
4. Evaluación de las cotizaciones: En esta etapa se selecciona a los proveedores de acuerdo a los criterios principales para la selección. Se realiza una ponderación de los criterios con los cuales se llegan a seleccionar la oferta más conveniente para la empresa.
5. Decisión de compra: Considerando la evaluación anterior y el esquema de fuerzas de los actores de la compra se llega a la decisión de compra que contempla un conjunto de parámetros tales como: el proveedor, la cantidad a comprar, el valor de la compra, forma de pago, sujeto de la transportación, lugar de entrega, fecha de entrega, características del producto, envase y embalaje a utilizar y otros elementos.
6. Ejecución de la compra: En esta etapa se materializa la compra y se realizan las negociaciones finales sobre la compra que se realizara.

7. Monitoreo post-compra: Consiste en verificar el avance del despacho del producto y confirmar que no existen fallos o errores en la compra de materiales que se realizo.

4.4 Formas de compra

4.4.1 Compra directa. Es cuando se adquiere el producto o servicio con un determinado proveedor al precio de la cotización, sin considerar a otros proveedores potenciales. Este tipo de compra se da cuando la empresa tiene preferencia por un proveedor determinado o existe monopolio de lo que se desea adquirir.

4.4.2 Compra por cotización. Es un procedimiento formal donde se hacen las solicitudes de cotización para el suministro de algún material con base en especificaciones de la empresa. Este procedimiento es factible siempre y cuando exista gran cantidad de proveedores de confianza en el mercado.

4.4.3 Compra por licitación. Es cuando una empresa o institución hace pública la necesidad de un material con base en especificaciones. La licitación se realiza de acuerdo a un cronograma y los proveedores potenciales envían en un sobre sus ofertas.

5. Sitio web y conceptos

5.1 Internet. Es el medio de comunicación más grande que existe e involucra la unión de todas las redes a escala mundial. Esta red está compuesta de gran cantidad de ordenadores y permite el intercambio de información de una forma versátil a través de distintos protocolos.

5.2 HTML: Es un lenguaje de programación de hipertexto que permite escribir páginas web. Este lenguaje es estructurado y está integrado por etiquetas que indican el principio y final de cada elemento dentro del documento.

5.3 Hosting: Es un servidor que permite el alojamiento de un sitio web para que cualquier persona en el mundo, con acceso a internet pueda visitar ese sitio. La mayoría de servicios de hosting ofrecen herramientas para soportar bases de datos y el desarrollo de sitios complejos mediante el uso de lenguajes de programación web tales como php, asp.net, entre otros. Los proveedores de este servicio ofrecen a sus clientes una interfaz web para manejar el sitio web con más facilidad y otorgan versatilidad para instalar scripts para colocar otras herramientas web de utilidad, tal como el caso de Wordpress.

5.3.1 Tipos de hosting. De acuerdo a la cantidad que el cliente paga por este servicio, se suelen dividir en:

- **Gratuitos:** Son servidores que las personas pueden emplear sin pagar nada, pero tienen muchas limitaciones tales como tráfico y espacio. Este hosting tiene la peculiaridad de mantener un flujo elevado de publicidad de parte de los proveedores hacia los usuarios
- **Compartidos:** Son pagados y son servidores que permiten el alojamiento de varios sitios web de distintos clientes y tiene bastante versatilidad en comparación al gratuito.
- **Dedicados:** Son los servidores más caros, ya que un cliente tiene la exclusividad de ese servidor. El hosting dedicado no mantiene restricciones, con excepción que mantenga contenido que perjudique la integridad del proveedor.

5.4 FTP. Son las iniciales en Inglés de File Transfer Protocol que en español significa Protocolo de Transferencia de Archivos. Tal como se indica es un protocolo que permite la transferencia de archivos entre sistemas conectados a una red como internet.

5.5 Dominio. Es el nombre que permite la fácil identificación de un sitio web, mediante la traducción de la dirección de la red asociada al sitio. Por esta razón un dominio es único y puede apuntar a un solo servidor.

5.6 Sitio Web. Es un conjunto de páginas web que están relacionadas entre sí y que generalmente están asociadas a un dominio en la web en internet. Para realizar un sitio se debe escribir en lenguaje html o lenguajes servidores como ASP.net o PHP y actualmente hay interfaces que permiten publicar sitios web sin tener muchos conocimientos sobre programación. La forma de una página web se conoce por el diseño y por el contenido. Dentro de los elementos del diseño destacan:

- Fondo
- Tema principal
- Animaciones
- Color y tamaño de letra

Dentro de los elementos del contenido de una página web destacan:

- Información general de
- Galerías
- Interacción con usuarios

5.7 Código abierto. Es un código de programación que se pone a disposición de la comunidad en forma gratuita, de tal manera que se pueda modificar de acuerdo a las necesidades de cada usuario y se logre colaboración entre los distintos usuarios para mejorar la funcionalidad del código.

5.8 CMS. Son las siglas de Content Management System y que traducido al español es Sistema de Administración de Contenidos. Esta plataforma es una interfaz para el manejo de contenidos web, sin la necesidad de tener conocimientos amplios sobre programación.

5.9 Wordpress. Es un Sistema de Administración de Contenidos de código abierto que está enfocado en blogs y bitácoras en líneas. Este sistema está escrito en php y emplea una base de datos de MySQL y además cuenta con licencia GPL, lo cual permite ampliar o modificar el código acorde a las necesidades del usuario, además es muy versátil y fácil de utilizar para personas que no están familiarizados con la programación, además que tiene diseño estético y características adecuadas que lo han convertido en una de las plataformas de administración de contenidos más populares.

5.9.1 Beneficios de Wordpress. Esta herramienta ofrece los siguientes beneficios

- **Diseño gráfico:** Esta plataforma cuenta con miles de plantillas gratuitas y comerciales realizadas por diseñadores y programadores profesionales, lo que le da al sitio web calidad y funcionalidad
- **Indexación y posicionamiento:** La utilización de Wordpress, permite que mediante palabras claves y etiquetas, las páginas queden indexadas a los metabuscadores como Google o Yahoo, lo cual permite tener mayores visitas para el sitio.
- **Consistencia de estilos:** El que maneja esta plataforma debe enfocarse sólo en el contenido que publica ya que las páginas creadas guardan una consistencia en el estilo y diseño.
- **Gestión de contenidos:** Permite crear, editar o borrar contenidos rápidamente, sin la necesidad de modificar o subir archivos al sitio web mediante un FTP.
- **Fácil de manejar:** Es muy intuitivo y se puede personalizar sin tener conocimientos de programación.
- **Tiene extensiones:** Se utilizan para ampliar las funcionalidades de la plataforma mediante la instalación de plugins. En la actualidad hay miles de plugins y sólo se deben buscarlos acorde a la necesidad del sitio web.
- **Comunidad involucrada:** Hay miles de personas involucradas en el desarrollo de sitios web con Wordpress que dan sus conocimientos en

foros y ponen a disposición plugins de forma gratuita, lo cual permite que los usuarios de Wordpress aclaren sus dudas y puedan tener mayores funcionalidades dentro de su blog.

5.9.2 Cómo se instalar Wordpress. Para poder comenzar a utilizar esta plataforma se debe contar con las

- Un servidor Apache para la interpretación del código PHP
- Un servidor MySQL

Luego de cumplir esos requisitos se debe:

- Descargar la plataforma en <http://wordpress.org/download/>
- Luego se descomprimen los archivos en la carpeta deseada del folder público del servidor apache
- Se introduce en el browser la dirección de la carpeta donde se descomprimieron los archivos de la plataforma
- Luego seguir las instrucciones de instalación.
- Hacer click en crear Create Configuration File
- Crear la base de datos en el servidor Mysql
- Luego click en lets go en el sitio de Wordpress.

IV. ANTECEDENTES

La Universidad del Valle de Guatemala es una institución que se preocupa por estar a la vanguardia y mantener la excelencia académica. Ante esta situación por iniciativa del Departamento de Ingeniería Química de la UVG, se vio la necesidad de modernizar el equipo del laboratorio de operaciones unitarias, para que los estudiantes de Ingeniería Química y en alimentos pudieran estar en contacto con tecnología similar a la que se maneja dentro de la industria. De esta manera los estudiantes cuando ingresan al mercado laboral profesional están mejor preparados para confrontar los distintos retos.

La sustitución de los equipos por modernos representaba un costo muy elevado, por lo que en el 2007 se inició una cooperación de los departamentos de Ingeniería Química e Ingeniería Electrónica, para automatizar los equipos. En esta primera etapa se logró automatizar la columna de absorción, trabajo que fue realizado por el Ingeniero Electrónico Otto Girón. Para ello se agregaron válvulas, sensores de presión, de temperatura, humedad, controles de bomba de agua. Esto fue conectado a una interfaz para que los usuarios recibieran la respectiva retroalimentación.

La primera etapa resultó un éxito por lo que en el 2008, se abrieron nuevas oportunidades a otros estudiantes para que realizaran una segunda fase que abarcó la automatización de la columna de destilación y la torre de empacado.

Posteriormente en el 2009 se abre una tercera etapa donde estudiantes de Ingeniería Química, Electrónica e Industrial automatizan la torre de enfriamiento y la columna de extracción líquido-líquido y además realizan una planta automatizada de biodiesel.

Ante el buen desempeño de los proyectos de automatización en el 2010 se abren las puertas a nuevos estudiantes de Ingeniería Química, Industrial y Electrónica para automatizar la caldera y el cuarto de sólidos del laboratorio de Operaciones

V. DELIMITACIÓN E IMPACTO DEL TEMA

El Módulo de Planificación en la Cuarta Fase de la Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la UVG, tiene como propósito ser un apoyo directo a los demás módulos y dar seguimiento a los objetivos de diseño e implementación de cada proyecto. Además se enfoca en mantener eficiencia en el manejo de recursos para terminar el proyecto en base a los requerimientos otorgados por el Director de Ingeniería Química.

Una de las formas de apoyar a los demás módulos es dar seguimiento a la adquisición de materiales y equipo para que esté cuando se necesita. Para ello se realizan cotizaciones de todo el material y equipo que se requiere y se da seguimiento a las cotizaciones y proveedores para que se tenga una variedad de ofertas lo más pronto posible; luego que se tienen las ofertas se decide en grupo sobre la mejor cotización que se adapte a las necesidades de diseño y parámetros de compra.

El presupuesto asignado a este proyecto es limitado por lo que realizar cotizaciones en diferentes empresas tanto nacionales como internacionales es importante para tener mayor oferta de productos y seleccionar el mejor en base a precio, calidad y tiempo de entrega. Además si se deja establecido por escrito una propuesta de un procedimiento de cotización en base a la experiencia percibida en esta fase de automatización, las cotizaciones futuras que se manejen en relación a automatizaciones del laboratorio de operaciones unitarias y otros departamentos en esta institución podrán ser tomadas como referencia y así agilizar el avance de las siguientes fases. Para esta parte también abarca dar seguimiento a las órdenes de compra hasta que el producto llegue a la Universidad

Otra de las funciones de este módulo es asignar tareas y fechas de inicio y finalización de las mismas a los miembros de cada módulo. Además este módulo se encarga de llevar un seguimiento de las mismas, para verificar si se están cumpliendo con las metas establecidas; si no es así se debe hacer una reestructuración del cronograma para que el proyecto se logre terminar en tiempo.

Otro de los aspectos que abarca es la evaluación de resultados económicos del proyecto, por lo que se analiza si el equipo adquirido y los costos que se incurrieron valieron la pena en términos económicos comparados con otras propuestas o equipo similar al de la industria.

En todo proyecto es importante la divulgación de información para dar a conocer resultados a otras personas, ser tomado como referencia para otros proyectos y desde luego se dé a conocer los logros de la institución. Precisamente este es otro objetivo de este módulo.

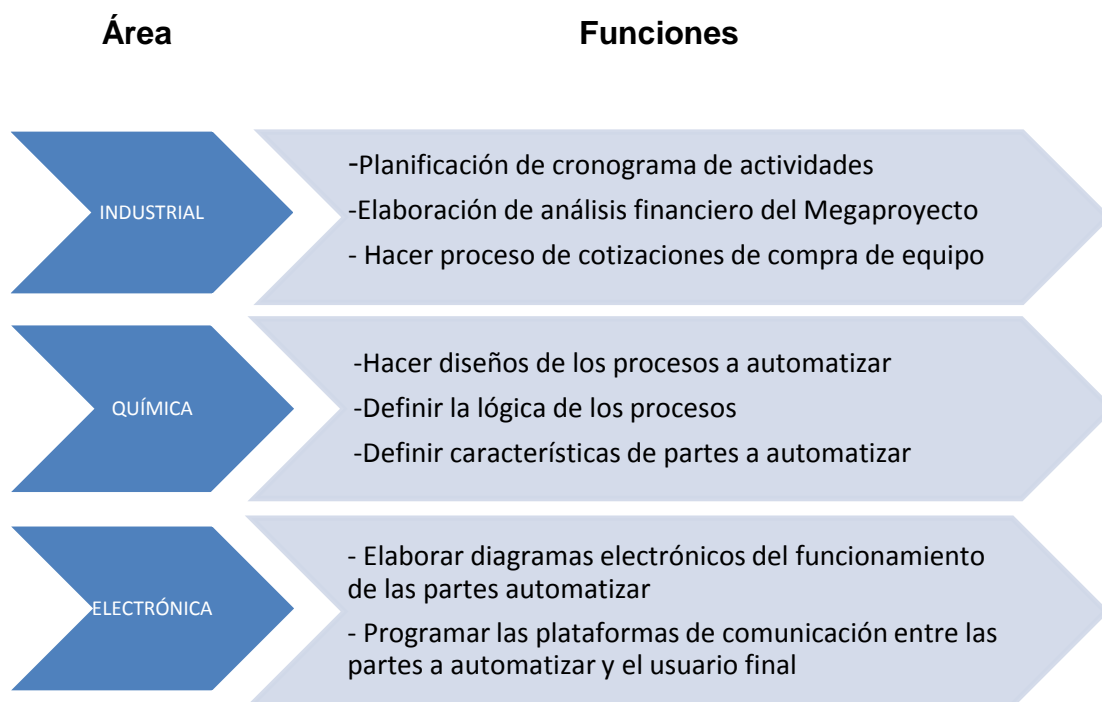
No es responsabilidad tratar de optimizar la ejecución de compra de los productos que se necesitan para este Megaproyecto, pues estos son procedimientos internos de la institución. Además no se buscará financiamiento para realizar el proyecto, pues la Universidad sufragará todos los costos de este proyecto, como parte de sus estrategias competitivas.

VI. METODOLOGÍA

El Megaproyecto es un trabajo en grupo que está compuesto por estudiantes de ingeniería industrial, química y electrónica. Cada uno tendrá tareas específicas que se deben coordinar en conjunto para realizar cada tarea a tiempo y no atrasar el proyecto. Cada área tiene responsabilidades y se tendrán reuniones cada semana o cuando se considere conveniente.

Las responsabilidades de cada área están divididas de la siguiente manera.

Diagrama 1: Funciones de cada área en el Megaproyecto



Respecto al módulo de planificación se dividió de la siguiente manera:

1. Planificación.

Se hizo una calendarización de cada módulo y se le dio seguimiento.

1.1 Cronograma de actividades. Se hizo un cronograma general para tener una mejor perspectiva del desarrollo del proyecto a lo largo de los tres semestres, el cual se dividió por etapas.

1.2 Seguimiento de actividades. Se hizo un cronograma por semestre para cada módulo y se analizaron los retrasos en cada semestre

2. Cotizaciones.

Se analiza toda la gestión de cotizaciones y cómo se debe realizar en el caso de Megaproyecto

2.1 Procedimiento de cotización. Se propone un procedimiento de cotización para que haya mayor, efectividad en próximas fases de automatización.

2.2 Etapas del proceso: Se explica cada una de las cuatro etapas del proceso. Se explica cómo poder seleccionar una cotización en base a criterios ponderados

3. Evaluación del proyecto.

Se hace una descripción de los proyectos de cada módulo y sus objetivos; posteriormente se analiza la propuesta actual contra otras propuestas de equipo similar o empleando diferente diseño. Luego se hace ponderación de cada propuesta y se determina cuál es mejor en base a esos criterios. También se hace un análisis de costos de cada módulo, de lo que la Universidad incurrió y lo que hubiera inquirido si fuera una institución industrial.

4.Sitio Web.

Se hizo un sitio web, se explica cuál fue la metodología a seguir para implementarlo y que partes tiene este sitio web, para divulgar la información correspondiente a este Megaproyecto.

VII. RESULTADOS

1. Planificación

1.1 Cronograma de actividades. Se realizó un cronograma de actividades que abarcara los tres semestres del desarrollo de Megaproyecto de julio 2010 hasta noviembre de 2011. Este cronograma sólo muestra las etapas del cada módulo del Megaproyecto:

1.1.1 Etapas del proceso

1.1.1.1 Diseño

1.1.1.1 Diseño del proceso. Abarca lo concerniente a averiguar cómo es el proceso para automatizar hasta definir especificaciones del equipo que se necesita.

1.1.1.2 Diseño electrónico: Abarca lo concerniente a cómo serán las conexiones electrónicas y las instalaciones, así como pedir el material y materiales para procesar información y para realizar instalaciones.

1.1.1.2 Cotizaciones. Se refiere a la realización de las cotizaciones en distintas empresas nacionales e internacionales, comienza desde la redacción de un informe de petición de cotización, hasta la adquisición de cotizaciones.

1.1.1.3 Selección y compra de equipo. Luego que se tienen las cotizaciones se procede a ordenarlas y seleccionar el mejor equipo que se adapte a las necesidades.

1.1.1.4 Implementación. Comienza a programar el PLC y se comienzan a armar las instalaciones

1.1.1.5 Aprobación e informes. Obtener Visto Bueno del proyecto, realizar tesis y presentación pública

1.1.2 Leyendas del cronograma

- Task Name: Nombre de la actividad
- days: días
- Duration: Duración de la actividad
- Start: Inicio de la actividad
- Finish: Finalización de la actividad

Tabla 2: Módulo de caldera, planificación del proyecto

	 Task Name	Duration	Start	Finish
1	<input type="checkbox"/> MEGAPROYECTO	344 days	Tue 7/13/10	Fri 11/4/11
2	<input type="checkbox"/> Módulo de Caldera	341 days	Tue 7/13/10	Tue 11/1/11
3	<input type="checkbox"/> <i>Diseño</i>	179 days	Tue 7/13/10	Fri 3/18/11
4	<input type="checkbox"/> Diseño de Proceso (H. Méndez)	63 days	Tue 7/13/10	Thu 10/7/10
20	<input type="checkbox"/> Diseño Electrónico (electrónico)	27 days	Thu 2/10/11	Fri 3/18/11
25	<input type="checkbox"/> <i>Cotizaciones (J. Oropin)</i>	143 days	Fri 10/8/10	Tue 4/26/11
39	<input type="checkbox"/> <i>Selección y compra de equipo</i>	130 days	Fri 1/7/11	Thu 7/7/11
40	<input type="checkbox"/> Equipo y sensores (todos)	78 days	Fri 1/7/11	Tue 4/26/11
46	<input type="checkbox"/> PLC y accesorios(electrónico)	52 days	Wed 4/27/11	Thu 7/7/11
50	<input type="checkbox"/> <i>Implementación (todos)</i>	70 days	Fri 5/13/11	Thu 8/18/11
56	<input type="checkbox"/> <i>Aprobación e informes (todos)</i>	53 days	Fri 8/19/11	Tue 11/1/11
60				
61	<input type="checkbox"/> Módulo de cuarto de sólidos	344 days	Tue 7/13/10	Fri 11/4/11
62	<input type="checkbox"/> <i>Diseño</i>	179 days	Tue 7/13/10	Fri 3/18/11
63	<input type="checkbox"/> Diseño de Proceso (A. Muhr)	84 days	Tue 7/13/10	Fri 11/5/10
79	<input type="checkbox"/> Diseño Electrónico (electrónico)	27 days	Thu 2/10/11	Fri 3/18/11
84	<input type="checkbox"/> <i>Cotizaciones (J. Oropin)</i>	137 days	Mon 10/18/10	Tue 4/26/11
96	<input type="checkbox"/> <i>Selección compra de equipo</i>	118 days	Tue 1/25/11	Thu 7/7/11
97	<input type="checkbox"/> Equipo y sensores (todos)	78 days	Tue 1/25/11	Thu 5/12/11
103	<input type="checkbox"/> PLC y accesorios (electrónico)	52 days	Wed 4/27/11	Thu 7/7/11
107	<input type="checkbox"/> <i>Implementación (todos)</i>	70 days	Fri 5/13/11	Thu 8/18/11
113	<input type="checkbox"/> <i>Aprobación e informes (todos)</i>	56 days	Fri 8/19/11	Fri 11/4/11

En el primer semestre todavía no había sido asignado un estudiante de ingeniería electrónica al proyecto, por esta razón lo concerniente al diseño electrónico del proyecto se estimaba que comenzara en febrero. Se puede observar que la fase de diseño es la que es más tardada con 179 días de duración, seguida por la fase de cotizaciones con 143 días.

1.2 Seguimiento del Proyecto. Se hizo calendario por semestre para cada proyecto de automatización. Cada semestre se hacía ajustes al cronograma, para poder llevar un mejor control sobre el desarrollo del mismo.

1.2.1 Módulo de caldera

1.2.1.1 Cronograma primer semestre. En este semestre el diseño del proceso y la realización de cotizaciones para la compra de sensores y equipo fue lo fundamental. No todas las actividades se completaron y el atraso principal fue que existieron muchos retrasos en la etapa de diseño, esto provocó que se comenzara a cotizar los primeros sensores el 29 de noviembre tal como se puede observar en el anexo 2 es decir con 52 días de atraso. Al finalizar el primer semestre había un retraso de 50 días por las tareas que no habían finalizado. En la parte de cotización el mayor retraso se debió a que no se contaba con una base de datos adecuada y no se tenía mucho éxito en conseguir las cotizaciones.

1.2.1.2 Cronograma segundo semestre. Respecto al diseño del proceso se tuvieron que realizar algunas partes. Debido a que ningún estudiante de ingeniería electrónica se adhirió a este proyecto, respecto al diseño electrónico y la cotización de equipo electrónico no se logró avanzar en este tema en el segundo semestre. Las cotizaciones se atrasaron en parte debido a la falta de especificaciones de los equipos a cotizar a tal punto que todavía en abril se estaba sensores tal como se puede observar en el anexo 1 Esto representó un atraso de 74 días.

Además hubo rediseños en cuanto al proceso. Esto provocó que todas las cotizaciones estuvieran el 20 de junio y luego el 23 de junio se tomó la decisión respecto a qué comprar, para luego el 27 de junio presentar el informe para que se procediera a la compra. Esto representó un atraso de 76 días para que se procediera a la compra de los sensores.

1.2.1.3 Cronograma tercer semestre. En este cronograma se agregaron más actividades, ya que un asesor experimentado llegó para encaminar el proyecto. La mayoría de retrasos fue provocada por procedimientos administrativos de la Universidad para proceder a la compra. Además los tiempos para las actividades se vieron reducidos. Otro aspecto que fue tuvo bastante repercusión fue la tardanza de los proveedores para entregar los productos, tal como se puede observar en el anexo 1, siendo Davis Instruments, el proveedor principal para este proyecto que se atrasó más días. Esto se debe en parte a que no se consideró el tiempo de entrega correctamente cuando se compra equipo a una empresa extranjera y además porque Davis Instruments tuvo problemas con atender el pedido del flujómetro vortex, debido a que una de sus máquinas se había averiado.

Dos semanas antes de la finalización el proyecto mantenía un retraso de 45 días.

Tabla 3: Cronograma de actividades del primer semestre del módulo de caldera

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	16 May	11 July	05 Sep	31 Oct	125 Dec		
					S	T	F	S	T	M	F
1	MEGAPROYECTO	125 days	Tue 13/07/10	Thu 08/07/11							
2	Módulo de caldera	125 days	Tue 13/07/10	Thu 08/07/11							
3	Diseño	63 days	Tue 13/07/10	Thu 07/10/10							
4	Diseño de Proceso (H. Ilendez)	63 days	Tue 13/07/10	Thu 07/10/10							
5	Conocer objetivos del proyecto	3 days	Tue 13/07/10	Thu 15/07/10							
6	Investigar sobre procesos de la caldera	10 days	Fri 16/07/10	Thu 29/07/10							
7	Diseñar el proceso de funcionamiento	5 days	Fri 30/07/10	Thu 05/08/10							
8	Elaboración de reportes	5 days	Fri 06/08/10	Thu 12/08/10							
9	Entrega de reportes	2 days	Fri 13/08/10	Mon 16/08/10							
10	Revisión del reporte por parte del asesor de tesis	2 days	Tue 17/08/10	Wed 18/08/10							
11	Corrección de parámetros	3 days	Thu 19/08/10	Mon 23/08/10							
12	Medición de temperatura	4 days	Tue 24/08/10	Fri 27/08/10							
13	Medición de presión	4 days	Tue 24/08/10	Fri 27/08/10							
14	Medición de vapor	4 days	Tue 24/08/10	Fri 27/08/10							
15	Medición de nivel de combustible	4 days	Tue 24/08/10	Fri 27/08/10							
16	Medición de otros parámetros	4 days	Mon 30/08/10	Thu 02/09/10							
17	Elaboración de planos de ubicación de sensores	10 days	Fri 03/09/10	Thu 16/09/10							
18	Establecer especificaciones de equipo a automatizar	15 days	Fri 17/09/10	Thu 07/10/10							
19	Investigación de alternativas para implementación de caldera	15 days	Fri 30/07/10	Thu 19/08/10							
20	Contratación (J. Drogin)	65 days	Fri 08/10/10	Thu 05/01/11							
21	Recaudar información para comparar con proveedores	3 days	Fri 08/10/10	Tue 12/10/10							
22	Almibar base de datos de empresas	5 days	Wed 13/10/10	Tue 19/10/10							
23	Colocar sensores de flujo	5 days	Wed 20/10/10	Tue 26/10/10							
24	Colocar analizador de gases de combustión	15 days	Wed 20/10/10	Tue 09/11/10							
25	Colocar sensores de temperatura	10 days	Wed 20/10/10	Tue 02/11/10							
26	Colocar sensor de velocidad de aire	10 days	Wed 20/10/10	Tue 02/11/10							
27	Colocar sensor de presión	10 days	Wed 20/10/10	Tue 02/11/10							
28	Colocar otro tipo de sensores	21 days	Wed 10/11/10	Wed 08/12/10							
29	Espera de cotizaciones de equipo y sensores	21 days	Thu 09/12/10	Thu 08/01/11							

Project: Semestre 1 caldera.mpp
Date: Wed 24/07/13

Task

- Critical Task
- Progress
- Milestone
- Summary

Task

- External Task
- Project Summary
- Group By Summary
- Deadline

Task

- Role Up Task
- Role Up Critical Task
- Role Up Milestone
- Role Up Progress
- Split

Task

- External Task
- Project Summary
- Group By Summary
- Deadline

Tabla 4: Cronograma de actividades del segundo semestre del módulo de caldera

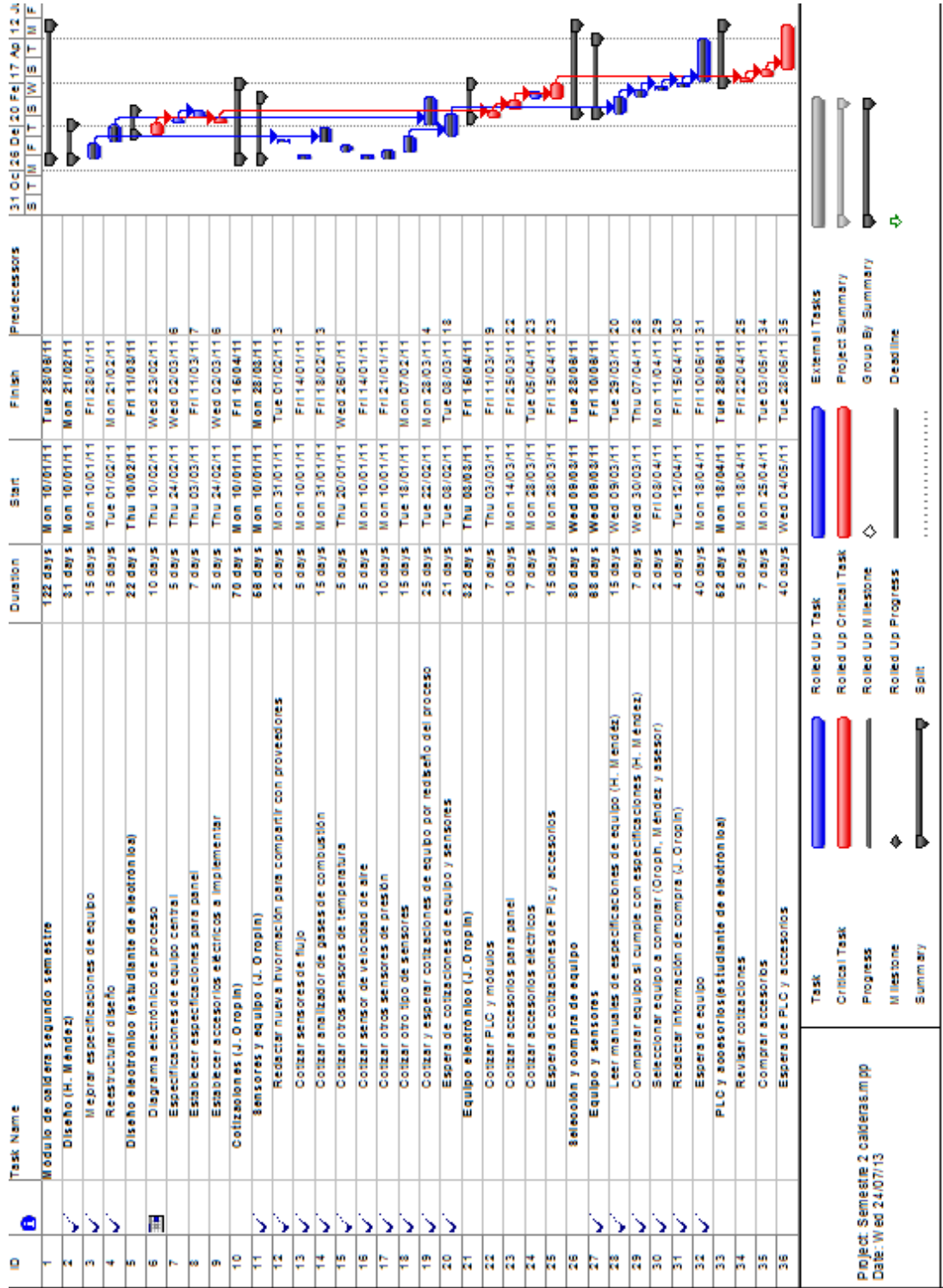
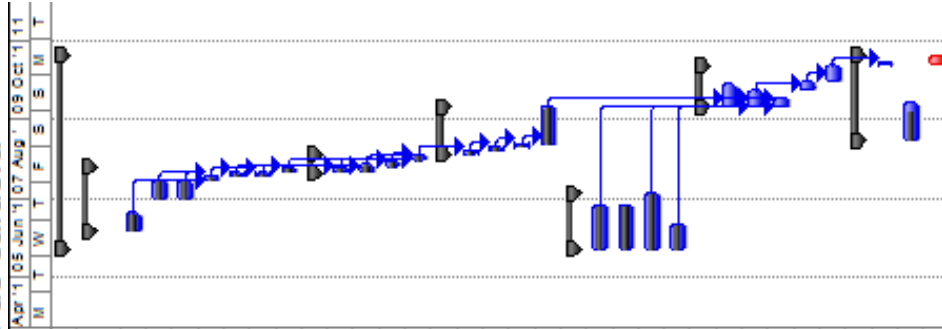


Tabla 5: Cronograma de actividades del tercer semestre del módulo de caldera

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Módulo de caldera tercer semestre	166 days	Mon 27/08/11	Mon 28/11/11	
2	Diseño de proceso y electrónico	62 days	Mon 11/07/11	Wed 3/08/11	
3	Diagrama de flujo de proceso	15 days	Mon 11/07/11	Mon 25/07/11	
4	Diagrama P&ID del proceso (H. Méndez)	15 days	Sat 06/08/11	Sat 20/08/11	
5	Diagrama del panel de control (H. Méndez)	15 days	Sat 06/08/11	Sat 20/08/11	
6	Diagrama de entradas y salidas (Ing. Muñoz)	3 days	Sun 21/08/11	Tue 23/08/11 3,4,5	
7	Especificaciones de equipo central (Ing. Muñoz)	3 days	Wed 24/08/11	Fri 26/08/11 6	
8	Esbozar especificaciones para panel (Ing. Muñoz)	3 days	Wed 24/08/11	Fri 26/08/11 6	
9	Esbozar accesorios eléctricos a implementar (Ing. Muñoz)	5 days	Sat 27/08/11	Wed 31/08/11 7,8	
10	Cotización equipo electrónico (J. Orojin)	16 days	Sat 27/08/11	Sat 10/09/11	
11	Cotizar PLC y módulos	5 days	Sat 27/08/11	Wed 31/08/11 7	
12	Cotizar accesorios para panel	7 days	Sat 27/08/11	Fri 02/09/11 8	
13	Cotizar accesorios eléctricos	5 days	Thu 01/09/11	Mon 05/09/11 9	
14	Espera de cotizaciones de PLC y accesorios	5 days	Tue 06/09/11	Sat 10/09/11 11,12,13	
15	Selección y compra de equipo electrónico	88 days	Sun 11/08/11	Tue 18/10/11	
16	PLC y accesorios (Ing. Muñoz)	3 days	Sun 11/09/11	Tue 13/09/11 14	
17	Revisar cotizaciones (Ing. Muñoz)	3 days	Wed 14/09/11	Fri 16/09/11 16	
18	Informe de comprar accesorios (J. Orojin)	2 days	Sat 17/09/11	Sun 18/09/11 17	
19	Espera de PLC y accesorios	30 days	Mon 19/09/11	Tue 18/10/11 18	
20	Compra de equipo y sensores	46 days	Mon 27/08/11	Wed 10/08/11	
21	Espera de equipo de Reset	35 days	Mon 27/06/11	Sun 31/07/11	
22	Espera de equipo de Prensa	35 days	Mon 27/06/11	Sun 31/07/11	
23	Espera de equipo de Davis Instruments	45 days	Mon 27/06/11	Wed 10/08/11	
24	Espera de equipo de Esense	20 days	Mon 27/06/11	Sat 16/07/11	
25	Implementación	88 days	Wed 18/10/11	Sun 20/11/11	
26	Programar sistema electrónico (J. Orojin)	18 days	Wed 19/10/11	Sat 05/11/11 19	
27	Alinear tubería (Henry)	13 days	Wed 19/10/11	Mon 31/10/11 19,21,23,24	
28	Alinear panel de control (Henry)	7 days	Wed 19/10/11	Tue 25/10/11 19,21,23,24	
29	Cablear (Henry)	7 days	Tue 01/11/11	Mon 07/11/11 27	
30	Hacer pruebas (todos)	13 days	Tue 08/11/11	Sun 20/11/11 29	
31	Aprobación e informes	68 days	Thu 22/08/11	Mon 28/11/11	
32	Obrer aprobación de proyecto	3 days	Mon 21/11/11	Wed 23/11/11 30	
33	Hacer tesis (todos)	30 days	Thu 22/09/11	Fri 21/10/11	
34	Preparar presentación pública (J. Orojin)	8 days	Mon 21/11/11	Mon 28/11/11	



Project: Semestre 3, caldera
Date: Wed 24/07/13

Task Legend:

- Task: Blue bar
- Critical Task: Red bar
- Progress: Grey bar
- Milestone: Red diamond
- Summary: Grey bar
- External Task: Blue bar with arrow
- Project Summary: Red bar with arrow
- Group By Summary: Grey bar with arrow
- Deadline: Grey bar with arrow and green dot
- Split: Dotted line

Las actividades que tienen un chequecito luego de la columna ID, fueron las que se realizaron por completo

1.2.2. Módulo de cuarto de sólidos

1.2.2.1 Cronograma primer semestre. Al igual que en el módulo de calderas no había un estudiante de Ingeniería Electrónica o Mecatrónica, para ver lo concerniente a la integración electrónica del proyecto; por esta razón en el primer semestre solo se enfocó en el diseño del proceso y comenzar a realizar las cotizaciones. En este semestre la mayor parte del retraso se debió a que no había un diseño del proceso y especificaciones del equipo en el tiempo que se había estipulado en este cronograma, lo cual provocó un mes de atraso para comenzar a cotizar. Respecto a comenzar a cotizar se tuvo un retraso de 31 días, pero al final del semestre se cumple con los objetivos atrasados

1.2.2.2 Cronograma segundo semestre. En este semestre se integró un estudiante de ingeniería electrónica. Debido a las complicaciones en relación a precios de las cotizaciones del diseño, se tuvo que rediseñar el proceso tres veces, esto provocó bastantes retrasos y no se podía proceder a la cotización de equipo para panel y accesorios eléctricos, debido a que no había un asesor que orientara los resultados. Respecto a la compra de equipo hubo un retraso de 20 días y respecto a las tareas del diseño de electrónica hubo un retraso de 52 días.

1.2.2.3 Cronograma tercer semestre. En este semestre se agregan más actividades al estudiante de ingeniería electrónica. Los mayores retrasos se deben por parte de los proveedores. Quien se retrasó más fue el proveedor más importante, Talleres Hernández, lleva un retraso de más de 56 días. Dos semanas antes de la entrega del proyecto existía un retraso de 38 días, que se veían reflejados en la etapa de implementación.

Tabla 6: Cronograma de actividades del módulo de cuarto de sólidos primer semestre

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Módulo de cuarto de sólidos cronograma primer semestre	118 days	Tue 13/07/10	Fri 24/12/10	
2	Diseño	84 days	Tue 13/07/10	Fri 06/11/10	
3	Diseño de proceso (A. Muhr)	3 days	Tue 13/07/10	Thu 15/07/10	
4	Conocer objetivos del proyecto	10 days	Fri 18/07/10	Thu 29/07/10	4
5	Investigar sobre procesos manejo de sólidos	5 days	Fri 18/07/10	Wed 05/08/10	5
6	Diseñar el proceso de funcionamiento	4 days	Fri 05/08/10	Wed 11/08/10	6
7	Elaboración de reportes	2 days	Thu 12/08/10	Fri 13/08/10	7
8	Entrega de reportes	4 days	Mon 16/08/10	Thu 19/08/10	8
9	Revisión del reporte por parte del asesor de tesis	4 days	Fri 20/08/10	Wed 25/08/10	9
10	Corrección de parámetros	4 days	Thu 26/08/10	Tue 31/08/10	10
11	Medición de flujo	5 days	Thu 26/08/10	Wed 01/09/10	11
12	Medición de sólidos	4 days	Thu 26/08/10	Tue 31/08/10	12
13	Medición de vapor	7 days	Mon 13/09/10	Fri 24/09/10	13,14
14	Control de almacenamiento	10 days	Mon 13/09/10	Fri 24/09/10	14
15	Medición de otros parámetros	15 days	Mon 27/09/10	Fri 15/10/10	15
16	Elaboración de planos de ubicación de sensores	15 days	Mon 27/09/10	Fri 15/10/10	16
17	Establecer especificaciones de equipo a automatizar	15 days	Mon 27/09/10	Fri 15/10/10	17
18	Investigación de alternativas para implementación del proyecto	60 days	Mon 18/10/10	Fri 24/12/10	
19	Cotizaciones (J. O reglin)	3 days	Mon 18/10/10	Wed 20/10/10	17
20	Redactar información para compartir con proveedores	5 days	Thu 21/10/10	Wed 27/10/10	20
21	Armar bases de datos de empresas	21 days	Thu 21/10/10	Thu 25/11/10	21
22	Cotizar sensores de sistema de flujo	15 days	Thu 28/10/10	Wed 17/11/10	22
23	Cotizar sensores sistema de almacenamiento	10 days	Thu 28/10/10	Wed 10/11/10	23
24	Cotizar sensores de pérdidas	21 days	Fri 26/11/10	Fri 24/12/10	23,23,24
25	Cotizar otro tipo de sensores				

Project: Semestre 1 sólidos
Date: Wed 24.07.13

Tabla 7: Cronograma de actividades del módulo de cuarto de sólidos segundo semestre

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Cronograma de módulo de cuarto de sólidos	186 days	Mon 17/01/11	Sat 30/07/11	
2	Diseño de proceso (A. Muhr)	26 days	Mon 17/01/11	Thu 10/02/11	
3	Rediseñar el proceso	10 days	Mon 17/01/11	Wed 28/01/11	
4	Aprobación del nuevo diseño	5 days	Thu 27/01/11	Mon 31/01/11	3
5	Elaboración de planos de ubicación de sensores	7 days	Tue 01/02/11	Mon 07/02/11	4
6	Establecer especificaciones de equipo a automatizar	10 days	Tue 01/02/11	Thu 10/02/11	4
7	Cotizaciones (J. Ortop)	62 days	Fri 11/02/11	Fri 10/06/11	
8	Redactar nueva información para proveedores	3 days	Fri 11/02/11	Sun 13/02/11	6
9	Buscar citas en prensa	5 days	Mon 14/02/11	Fri 18/02/11	7
10	Cotizar nuevo producto	15 days	Sat 19/02/11	Sat 05/03/11	8
11	Obtener cotizaciones	15 days	Sun 06/03/11	Sun 20/03/11	10
12	Cotizar PLC y módulos	10 days	Tue 05/04/11	Thu 14/04/11	11
13	Cotizar accesorios para panel	12 days	Tue 12/04/11	Sat 23/04/11	11
14	Cotizar accesorios eléctricos	12 days	Sun 17/04/11	Thu 28/04/11	11
15	Espera de cotizaciones de PLC y accesorios	15 days	Fri 23/04/11	Fri 13/05/11	12, 13, 14
16	Diseño electrónico (P. Fonseca)	27 days	Mon 21/06/11	Sat 18/06/11	
17	Diagrama electrónico de proceso	10 days	Mon 21/03/11	Wed 30/03/11	11
18	Especificaciones de equipo central	5 days	Thu 31/03/11	Mon 04/04/11	17
19	Establecer especificaciones para panel	7 days	Tue 05/04/11	Mon 11/04/11	18
20	Establecer accesorios eléctricos a implementar	5 days	Tue 12/04/11	Sat 16/04/11	19
21	Selección compra de equipo	78 days	Sat 14/06/11	Sat 30/07/11	
22	Equipo y sensores	78 days	Sat 14/06/11	Sat 30/07/11	
23	Leer manuales de especificaciones de equipo (A. Muhr)	15 days	Sat 14/05/11	Sat 28/05/11	15
24	Comparar equipo si cumple con especificaciones (A. Muhr)	7 days	Sun 29/05/11	Sat 04/06/11	23
25	Seleccionar equipo a comprar (Ortop, Muhr y asesor)	2 days	Sun 03/06/11	Mon 05/06/11	24
26	Redactar información de compra (J. Ortop)	4 days	Tue 07/06/11	Fri 10/06/11	25
27	Espera de equipo	50 days	Sat 11/06/11	Sat 30/07/11	26
28	PLC y accesorios	62 days	Tue 07/06/11	Thu 28/07/11	
29	Revisar cotizaciones (P. Fonseca)	5 days	Tue 07/06/11	Sat 11/06/11	25
30	Comprar accesorios (P. Fonseca)	7 days	Sun 13/06/11	Sat 18/06/11	29
31	Espera de PLC y accesorios	40 days	Sun 19/06/11	Thu 28/07/11	30

Project: Sólidos semestre 2.mpp
Date: Wed 24/07/13

Task

- Task
- Critical Task
- Progress
- Milestone
- Summary

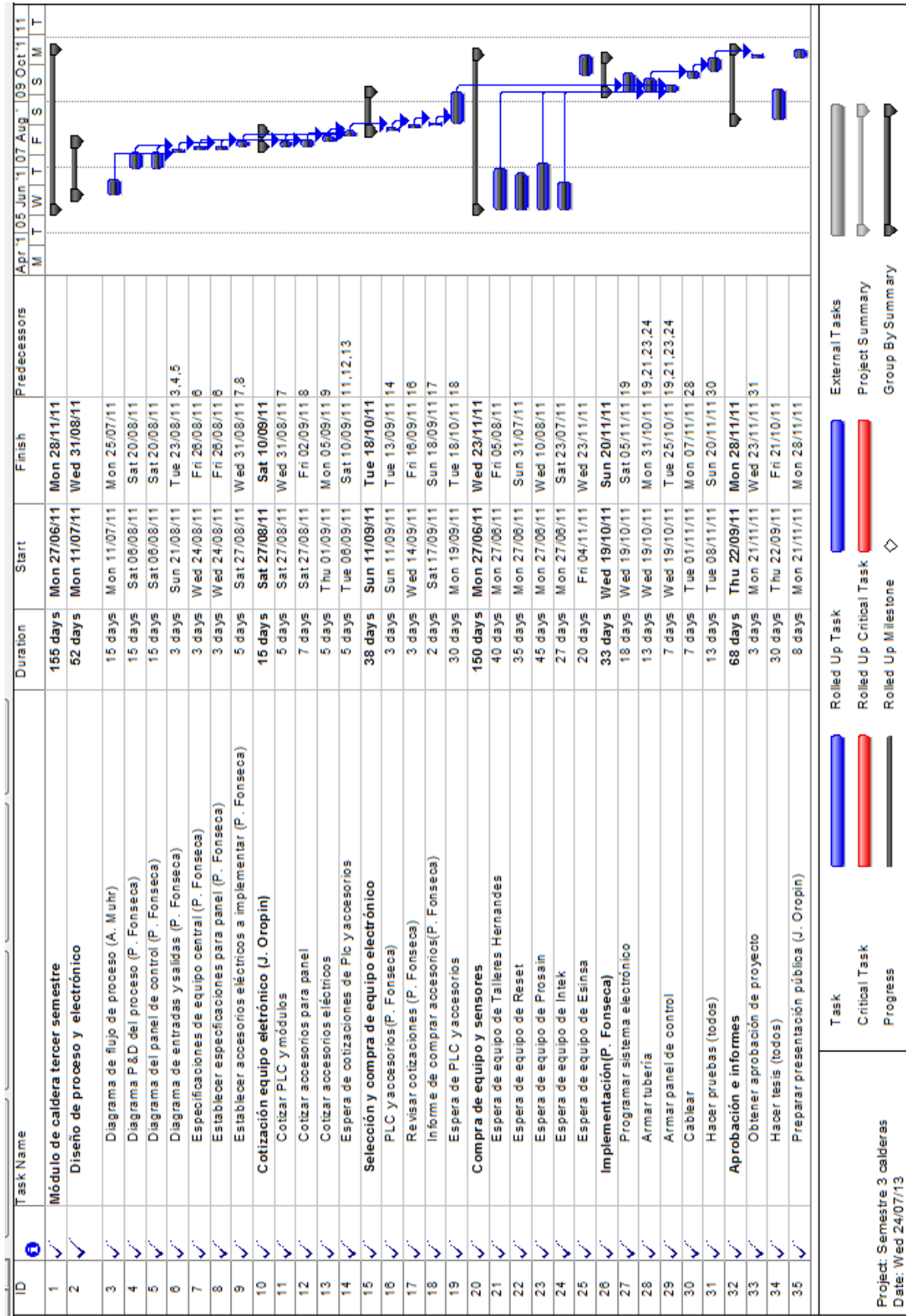
Task

- Rollo Up Task
- Rollo Up Critical Task
- Rollo Up Milestone
- Rollo Up Progress
- Split

External Tasks

- Project Summary
- Group By Summary
- Deadline

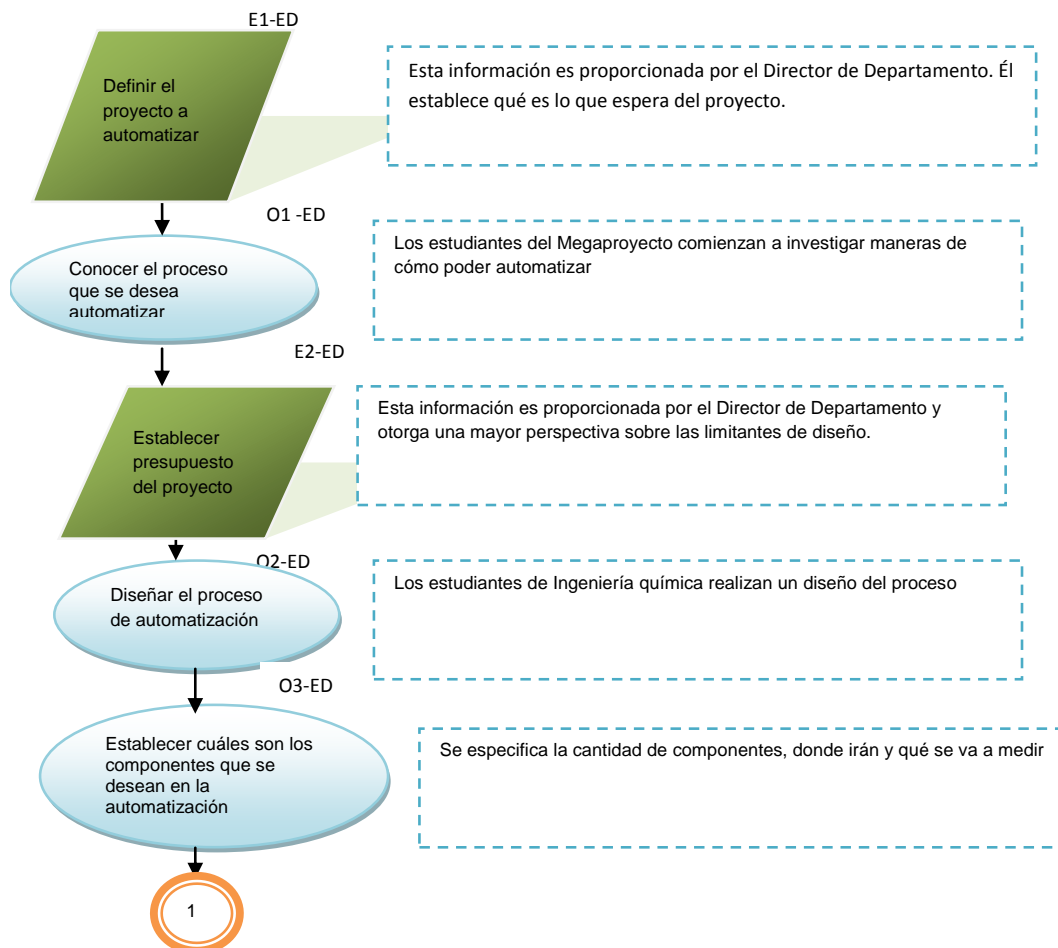
Tabla 8: Cronograma tercer semestre módulo de cuarto de sólidos



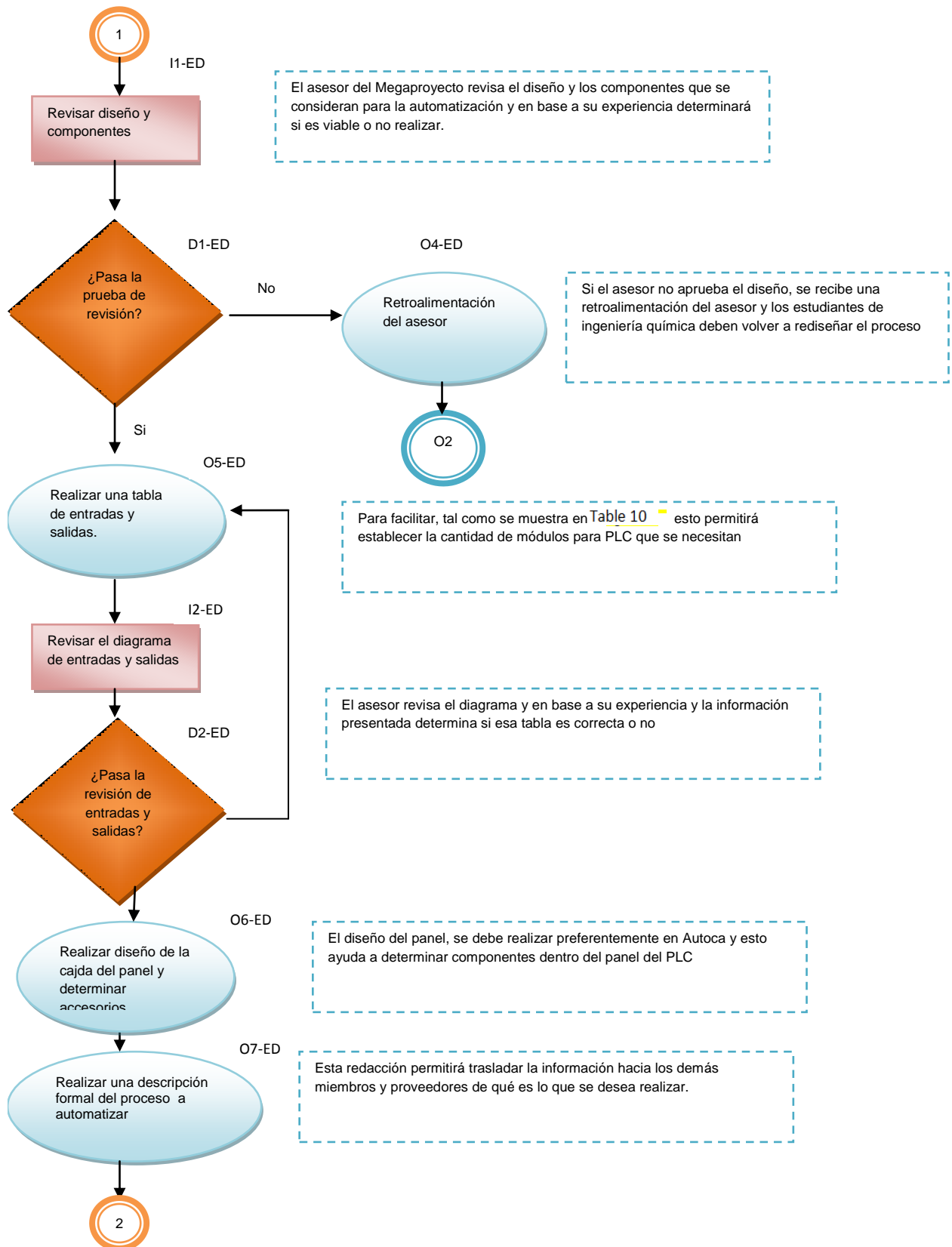
2. Cotizaciones

2.1 Procedimiento de cotización efectiva. Uno de los retos a los que se enfrenta el grupo de estudiantes cuando realiza un proyecto de automatización es la realización de cotizaciones, ya que esto permitirá la selección de equipo en base a criterios establecidos y se podrá tener las autorizaciones de compra respectivas. A continuación se muestra una propuesta de procedimiento para lograr una cotización efectiva para futuras cotizaciones que se realicen en proyectos de automatización que se lleven a cabo en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

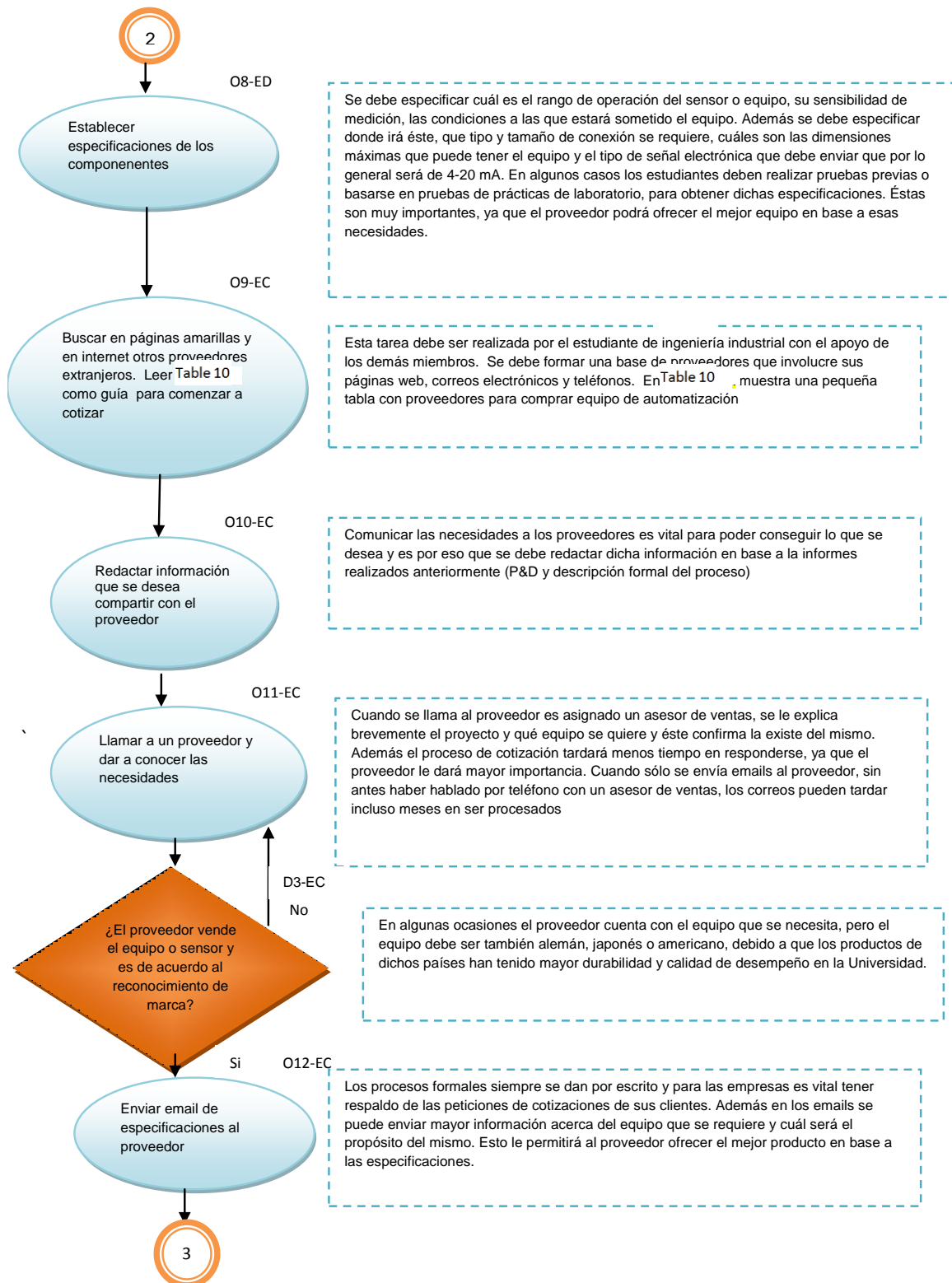
Diagrama 2: Diagrama de flujo de Propuesta de cotización para futuras automatizaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias



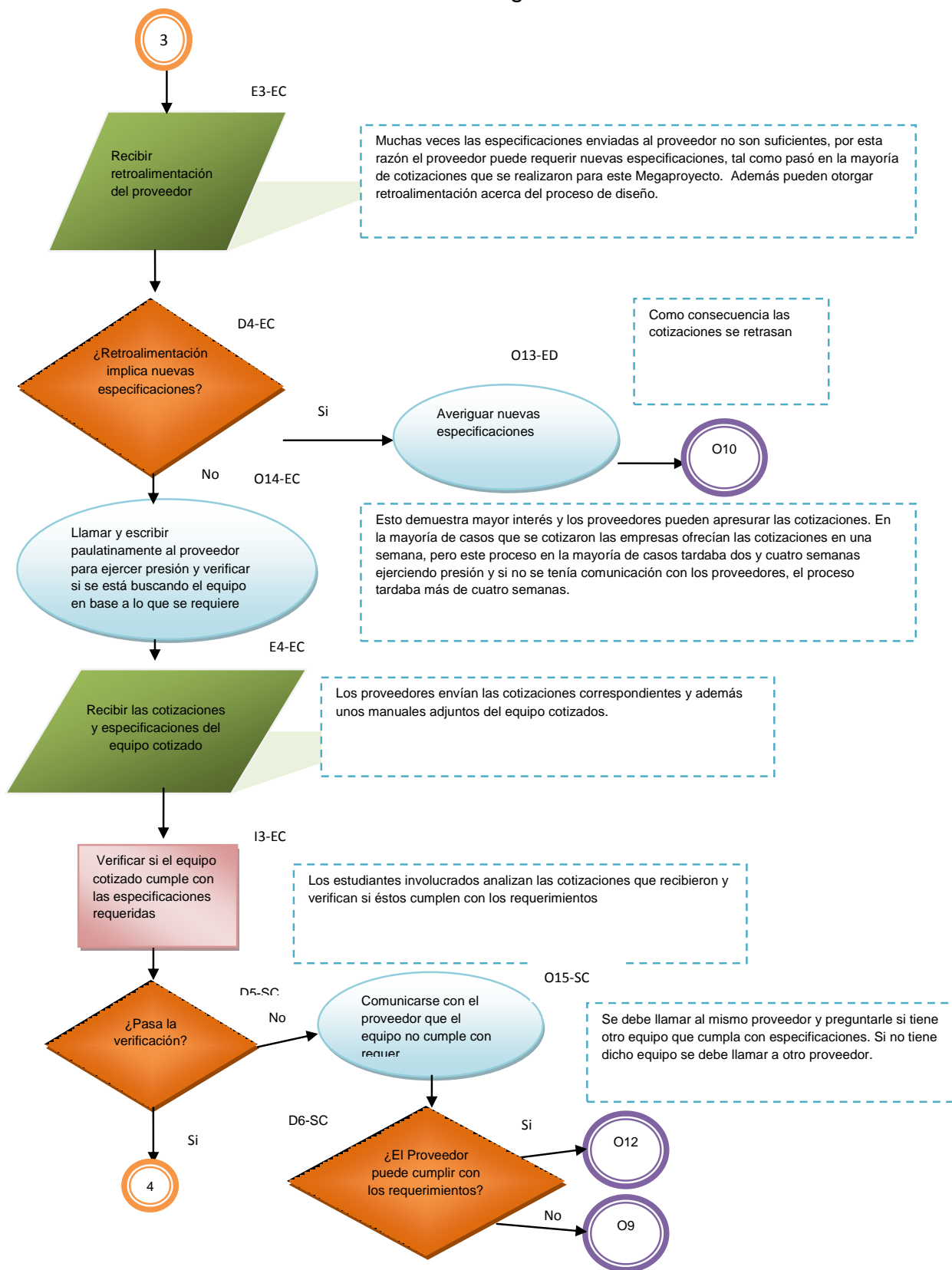
Continuación Diagrama 2



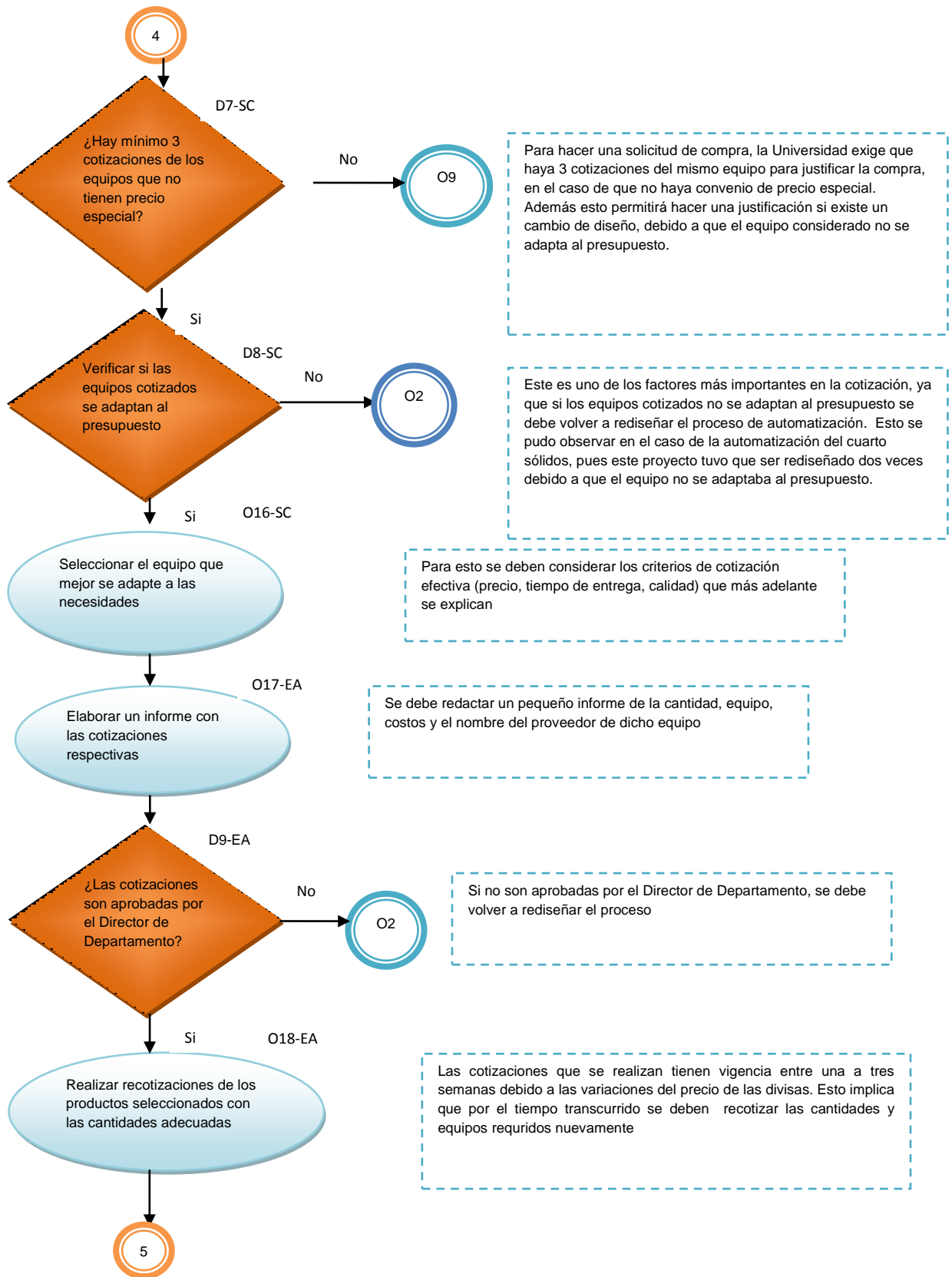
Continuación Diagrama 2



Continuación Diagrama 2



Continuación Diagrama 2



Continuación Diagrama 2

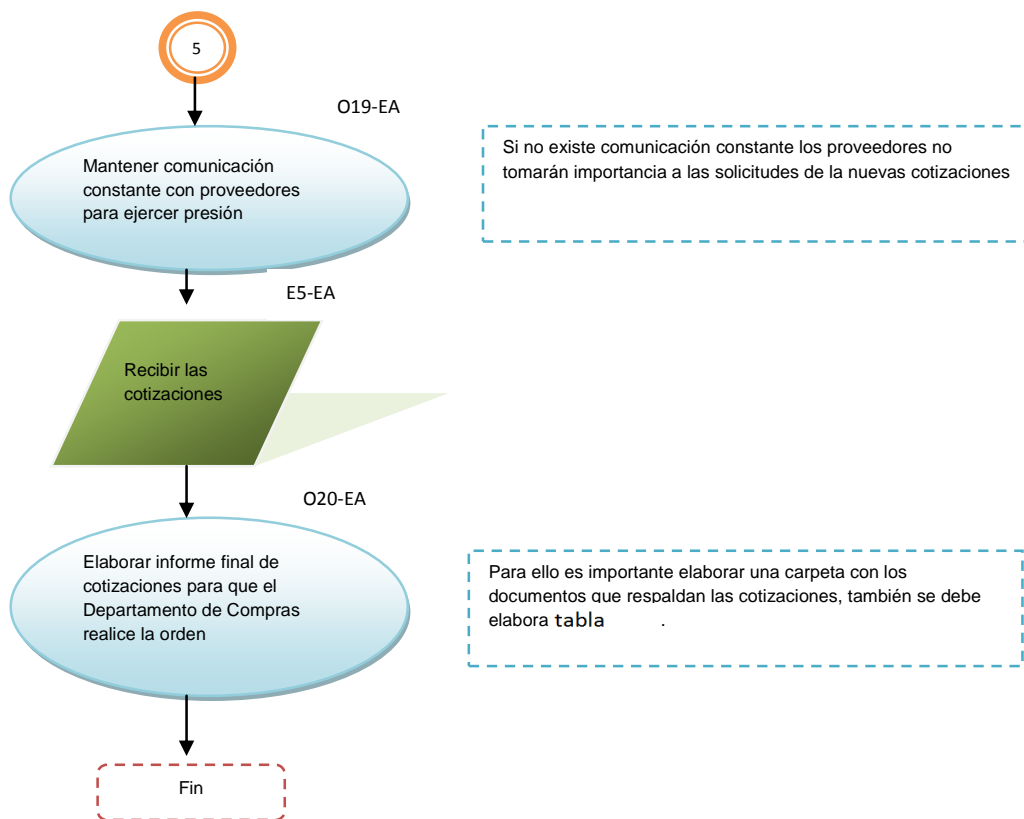


Tabla 9: Resumen de Diagrama de Flujo

Definición	Símbolo	Letra	Cantidad
Operaciones		O	19
Inspección		I	3
Decisiones		D	9
Entradas		E	5
Conectores de página		N/A	N/A
Conectores de actividades		N/A	N/A
Dirección de Flujo		N/A	N/A

Continuación tabla 9

Definición	Símbolo	Letra	Cantidad
Etapa de diseño		ED	
Etapa de Cotizaciones		EC	
Etapa de Selección de cotizaciones		SC	
Etapa de aprobación		EA	

N/A: Significa no aplica

2.2 Etapas del proceso. A continuación se procede a da una explicación de los puntos más importantes de cada etapa.

2.2.1 Etapa de diseño. En del diagrama anterior podemos observar que para el procedimiento de cotización el proceso se inicia con la información que da el Director de Departamento a los miembros que harán el Megaproyecto, a partir de ahí se comienza a indagar en diferentes fuentes de información para tomarse una breve idea de cómo poder realizarlo. Es importante que luego se le pregunte al Director de Departamento cuánto hay de presupuesto para el desarrollo del proyecto, ya que esto condicionará el diseño.

Posteriormente los estudiantes deben establecer cuáles son esos elementos y luego que el diseño es aprobado por el asesor en base a su experiencia, es necesario que se realice una tabla de entradas y salidas de los sensores a utilizar. Esto determinará la cantidad de módulos para PLC que se deben cotizar acorde al tipo de Controlador Lógico programable que se está utilizando.

A continuación se muestra la tabla de entradas y salidas de cada uno de los proyectos.

Tabla 10: Entradas y salidas de sensores de caldera

Item	Cantidad	Equipo	Proveedor	I/A	O/A	I/D	O/D	RTD/TC
1	4	Termocoplas adhesivas	Davis Instruments					4
2	1	Termocopla de niple 1/4"	Davis Instruments					1
3	1	Termocopla niple de 3/4" y 6" L	Davis Instruments					1
4	1	Transmisor de presión	Davis Instruments	1				
5	3	Sensor de presión diferencial	Davis Instruments	3				
6	1	Medidor de flujo de agua	Praisa	1				
7	1	Analizador de conductividad	Reset	1				
8	1	Analizador de Flujo de vapor	Davis Instruments	1				
9	1	Sirena	Alarmas de Guatemala				1	
10	1	Sensor de velocidad de aire	Reset	1				
11	1	Analizador de gases de combustión	Bacharach					
Total				8			1	6

Donde

- I/A: Input Analog o entrada análoga
- O/A: Output Analog o salida análoga
- I/D: Input Digital o entrada digital
- O/D: Output Digital o salida digital
- RTD/TC: Entrada para dispositivos RTD o termocoplas

Tabla 11: Entradas y salidas de sensores de cuarto de sólidos

Item	Cantidad	Equipo	Proveedor	I/A	O/A	I/D	O/D	RTD /TC
1	6	Sensores capacitivos de proximidad	Reset		6			
2	4	Variadores	Intek			4		
3	2	Sensores de velocidad de viento	Intek	2				
Total				2	6	4		

El PLC que se utilizó en cada proyecto es el Micrologix 1100 modelo 1763-L16AWA y cuenta con las siguientes características respecto a entradas y salidas

- Entradas Análogas: 2
- Salidas Análogas: 0
- Entradas Digitales: 10
- Salidas Digitales: 6
- Entradas Termocopla: 0

Los módulos para la familia Micrologix de Allen Bradley tienen cuatro entradas. Con base en esto se determinó que se necesitaban los siguientes módulos para el PLC, tomando en cuenta la posibilidad de expansión

Tabla 12: Cantidad de módulos para PLC según el proyecto

Proyecto	Módulo I/A	Módulo O/A	Módulo I/D	Módulo O/D	Módulo TC
Calderas	2				2
Cuarto de Sólidos	1	2	1		

Luego de elaborar lo anterior es necesario que se obtengan especificaciones claras de los equipos, de lo contrario el proveedor no dará un producto que se adapte a las necesidades del proyecto. La falta de especificaciones de los equipos hizo que todavía para el 1 de abril se cotizara el flujómetro de vapor tal como se observa en el anexo 2.

2.2.2 Etapa de cotizaciones. Antes de comenzar a cotizar es importante que se forme una base de datos buscando en internet, páginas amarillas o preguntando a Departamento de Compras de la UVG, sobre empresas que ofrezcan el producto que se está requiriendo para el proyecto. Con base a las cotizaciones del desarrollo del proyecto se elaboró una pequeña tabla sobre productos y proveedores que pudieran ayudar a suministrar lo que se necesita en futuros proyectos y a continuación se muestra dicha tabla

Tabla 12: Proveedores de equipo para automatización

Equipo	Proveedor	País	Página	Teléfono
Equipo de automatización	Davis Instruments	Estados Unidos	http://www.davis.com	1(800) 358-5525
	Reset	Guatemala		2471-3781
	Praisa	Guatemala	http://www.praisa.com	2387-8000
	LSFlex	Guatemala	http://www.lsflex.com/	2433-5024,2361-2830
	Sidasa	Guatemala	http://www.sidasa.net	2323-5555
	ECN	México		52(662) 215 6450
	Energía Activa	Guatemala		2310-3810
	Siemens	Guatemala	http://www.siemens.com	2423-1200
Motores	Prosain	Guatemala	http://www.prosain.com/	2429-0707
Variadores de Frecuencia	Intek	Guatemala	http://www.intek-ca.com	2361-5977
PLC y módulos	Intek	Guatemala		
Accesorios para Caja de PLC (borneras, breakers, riel ding, topes plásticos, entre otros)	Intek	Guatemala		
	OEG	Guatemala	http://oeg.com.gt	2336-8313
Construcción de elementos metálicos	Talleres Hernández	Guatemala		2251-5512,2230-3403
Accesorios eléctricos (alambres, flipones, tubería metálica, cajas conduit, reducidos, entre otros)	OEG	Guatemala	http://oeg.com.gt	2336-8313
	Energía Activa	Guatemala	www.energia-activa.com	2310-3810
	Celasa	Guatemala		2270-7777
Accesorio metálicos (tubería metálica, reducidos bushing, bridas, colas de cochino, entre otros)	Corpoalagua	Guatemala		23267900

En el mercado hay distintas empresas que se dedican a la venta de equipo para automatización, por lo que la mejor opción es cotizar en distintos lugares para obtener el producto de acuerdo a los criterios que se establecen, tal como se indicará posteriormente.

En el caso del plc y módulos para plc y accesorios para caja del plc se recomienda a Intek debido a que ofrece la marca Allen Bradley, con quien la Universidad cuenta con un toolkit de descuento. Además la Universidad cuenta

con una licencia de software de esa compañía para programar el HMI. Por esta razón la Universidad incurriría en costos adicionales si se compra otra marca de plc.

Con respecto a los variadores se recomienda a los ofrecidos por el distribuidor Intek, ya que ofrece los variadores marca Powerflex que se comunican más fácilmente con los controladores Allen Bradley debido a que son del mismo fabricante.

La calidad de trabajo y la experiencia con el trabajo de los proveedores es importante para el Departamento de Ingeniería Química y la Universidad, por esta razón el proveedor que se recomienda para realizar estructuras metálicas o construcción de nuevos dispositivos que involucran metal es Talleres Hernández, pues ha hecho varios trabajos en este departamento y ha entregado calidad en sus trabajos realizados.

Respecto a los accesorios eléctricos hay bastante competencia en el sector guatemalteco y debido a que OEG vende a un precio menor y ha suministrado materiales para otros proyectos de la Universidad se recomienda a este proveedor.

La razón por la que se debe llamar a los proveedores es para ponerse en contacto con la empresa lo más pronto posible las necesidades del proyecto. Para proveedores extranjeros es recomendable que se emplee el servicio de llamadas internacionales de de Google, llamado Google Talk, pues las tarifas son reducidas, en el caso para Estados Unidos el minuto cuesta \$ 0.01 y para México \$ 0.05.

Cuando no había comunicación constante con los proveedores, el tiempo para recibir la cotización era más tardado. La mayoría de proveedores que se les daba seguimiento entregaban sus cotizaciones en no más de 21 días. Mientras que si no se les llamaba podían tardar hasta un tiempo 25 días tal como se

observa en el anexo 2. Además no todas las empresas procesan las solicitudes de cotizaciones

2.2.3 Etapa de selección de cotizaciones. Luego de haber conseguido las cotizaciones es importante que el equipo se compare, con las especificaciones que se requirieron del equipo, ya que en algunas ocasiones el proveedor puede ofrecer un producto que no cumpla todas las especificaciones, lo cual puede afectar el diseño. Si el equipo cotizado cumple con las especificaciones es importante verificar si este se adapta al presupuesto asignado al proyecto, de no ser así se debe realizar otra cotización para corroborar el precio del mercado, de dicho producto.

Esta fue la situación que se tuvo en el proyecto de automatización del cuarto de sólidos, pues se tuvo que rediseñar el proceso dos veces debido a que el equipo no se adaptaba al presupuesto. La primera vez para el sistema de pesaje y almacenamiento se consideró electroválvulas y sensores de flujo; en la segunda ocasión se consideraron celdas de carga y electroválvulas, pero debido a que el presupuesto era limitado, también fue rechazado. Finalmente el diseño con la integración de tornillos sinfín verticales y sensores capacitivos podía cumplir con las expectativas del proceso y de presupuesto. (para más información ver sección 3.2)

2.2.3.1 Parámetros de cotización efectiva. Posteriormente que se comprueba que las cotizaciones se adaptan al presupuesto, pasa hacerse un análisis de las mismas en base a parámetros que se establecen para una cotización efectiva. A continuación se muestra los parámetros que se consideraron para a este Megaproyecto:

- ✓ Precio: Cuánto cuesta el producto
- ✓ Preferencia por proveedor: Este es un parámetro que únicamente aplica a aquéllas instituciones que han realizado varios trabajos para la

Universidad y que por lo tanto se muestra una preferencia sobre otros proveedores.

✓ Calidad: Considera como mínimo cumplir las especificaciones del diseño y adaptabilidad del medio donde se usarán. Los productos de mayor calidad están sobredimensionados en gran medida.

✓ Reconocimiento de marca: Todos los equipos de automatización que se utilizan deben ser de fabricantes alemanes, japoneses o americanos.

✓ Tiempo de entrega: En cuánto tiempo el producto estará en la universidad luego de que se pone la orden de compra.

✓ Comunicación con el sistema de control: Se refiere a la transferencia de datos fácilmente entre el sistema de control y el dispositivo para automatización. La mayoría de sensores cumplen con esta característica, ya que cuentan con entrada y salida de señal analógica de 4-20mA. En el caso de los variadores no se cumple esta característica, ya que los sistemas de protocolo de comunicación variará con cada fabricante.

2.2.3.2 Selección de las cotizaciones. Para la Automatización de Caldera: Todos los equipos considerados cumplían con el requisito de reconocimiento de marca y de comunicación con el controlador y no existía preferencia por proveedor. Por esta razón se procedió a hacer una evaluación con base en la ponderación de los siguientes criterios.

- Precio
- Calidad
- Tiempo de entrega

Los equipos que obtuvieron mayor puntaje en la ponderación fueron los que se seleccionaron. A continuación se muestra la tabla de ponderación de los equipos de caldera que se cotizar.

Tabla 13: Ponderación de equipos cotizados para caldera

Equipo	Empresa	Precio			Calidad			Tiempo de entrega			Total
		Peso	Calificación	Ponderación	Peso	Calificación	Ponderación	Peso	Calificación	Ponderación	
Sensor de temperatura termopar superficie caldera	ECN	0.6	1.56	0.94	0.25	8.00	2.00	0.15	5	0.75	3.69
	Reset	0.6	1.06	0.64	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	4.64
	LSFlex	0.6	2.72	1.63	0.25	8.00	2.00	0.15	10	1.5	5.13
	Tecnología Industrial	0.6	0.39	0.23	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	4.23
	Davis Instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	6.00	1.50	0.15	6.00	0.9	8.40
Sensor de temperatura(interna de la caldera)	ECN	0.6	0.88	0.53	0.25	9.00	2.25	0.15	5	0.75	3.53
	Reset	0.6	2.26	1.36	0.25	8.00	2.00	0.15	10	1.5	4.86
	Tecnología Industrial	0.6	0.31	0.19	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	4.19
	Davis Instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	8.00	2.00	0.15	6	0.9	8.90
	ECN	0.6	2.92	1.75	0.25	9.50	2.38	0.15	5	0.75	4.88
Sensor de temperatura para agua	Reset	0.6	4.10	2.46	0.25	9.00	2.25	0.15	9	1.35	6.06
	LSFlex	0.6	4.76	2.86	0.25	9.00	2.25	0.15	10	1.5	6.61
	Tecnología Industrial	0.6	0.68	0.41	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	4.41
	Davis Instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	8.00	2.00	0.15	6	0.9	8.90
	ECN	0.6	2.12	1.27	0.25	9.00	2.25	0.15	5	0.75	4.27
Transmisor de presión para medir presión interna	Reset	0.6	1.85	1.11	0.25	10.00	2.50	0.15	9	1.35	4.96
	Tecnología Industrial	0.6	0.58	0.35	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	4.35
	Davis Instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	6.00	1.50	0.15	4	0.6	8.10
Sensor para nivel de diesel	Reset	0.6	4.67	2.80	0.25	9.50	2.38	0.15	10	1.5	6.68
	LSFlex	0.6	2.58	1.55	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	5.55
	Davis Instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	6.00	1.50	0.15	6	0.9	8.40

Continuación Tabla 13

Equipo	Empresa	Precio			Calidad			Tiempo de entrega			Total
		Peso	Calificación	Ponderación	Peso	Calificación	Ponderación	Peso	Calificación	Ponderación	
Medidor de Nivel en tanque de drenado	ECN	0.6	3.92	2.35	0.25	10.00	2.50	0.15	5	0.75	5.60
	Reset	0.6	8.58	5.15	0.25	8.00	2.00	0.15	10	1.5	8.65
	Tecnología Industrial	0.6	9.00	5.40	0.25	8.00	2.00	0.15	8	1.2	8.60
Medidor de flujo de agua	Davis Instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	8.00	2.00	0.15	7	1.05	9.05
	ECN	0.6	6.68	4.01	0.25	10.00	2.50	0.15	6	0.9	7.41
	LSFlex	0.6	4.91	2.95	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	6.95
Sensor de velocidad de Aire de caldera	Tecnología Industrial	0.6	5.53	3.32	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	7.32
	Praisa	0.6	10.00	6.00	0.25	8.00	2.00	0.15	10	1.5	9.50
	Reset	0.6	10.00	6.00	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	10.00
Sensor para flujo de Vapor	Dilab	0.6	6.20	3.72	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	7.72
	Davis Instruments	0.6	8.68	5.21	0.25	10.00	2.50	0.15	6	0.9	8.61
	Praisa	0.6	8.00	4.80	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	8.80
Sirenas	Reset	0.6	7.44	4.46	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	8.46
	Davis instruments	0.6	10.00	6.00	0.25	10.00	2.50	0.15	5	0.75	9.25
	Alarmas de Guatemala	0.6	10.00	6.00	0.25	7.00	1.75	0.15	10	1.5	9.25
Analizador de gases de combustión	Kripton Security	0.6	1.36	0.82	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	4.82
	G4S	0.6	3.93	2.36	0.25	8.00	2.00	0.15	10	1.5	5.86
	Premac	0.6	10.00	6.00	0.25	10.00	2.50	0.15	5	0.75	9.25
Reset	Tecnología Industrial	0.6	4.50	2.70	0.25	10.00	2.50	0.15	7	1.05	6.25
	Reset	0.6	2.80	1.68	0.25	5.00	1.25	0.15	7	1.05	3.98

En la tabla anterior se encuentran resaltados los sensores que se seleccionaron para la compra. La mayoría de estos son Davis Instruments debido a que su precio es menor en comparación a otras empresas, lo cual se puede ver en el anexo 3. Esto se debe en gran parte a que estos sensores tienen un menor rango de operación y no son adecuados para aplicaciones industriales de gran envergadura. Sin embargo, se adaptan muy bien a las especificaciones de diseño del módulo de caldera. La selección de estos equipos proporcionó un ahorro de Q 32,537.49 respecto al segundo producto más barato cotizado, que era de empresas locales tales como Reset y Praisá.

Los sensores de Davis Instruments tienen una menor calificación en tiempo de entrega porque es un proveedor que está en Estados Unidos y por lo tanto el tiempo en el que tardará para llegar a la Universidad será mayor, debido a que se deben realizar trámites internos.

2.2.3.3 Selección del equipo para automatización del cuarto de sólidos. En el caso de sólidos el sistema de almacenamiento y control de flujo se decidió realizarlo por medio de tornillos sinfín verticales y sensores capacitivos, en vez de los otros diseño propuestos (para más información ver sección 3.2).

En el caso de los tornillos, el silo nuevo, levantamientos y reducciones de otras estructuras existentes tenían que ser hechos a la medida por lo que se necesitaba de una empresa que hubiera realizado otros trabajos de estructuras metálicas en el Laboratorio de Operaciones Unitarias. Ante esta situación la empresa Talleres Hernández fue seleccionada por el criterio de preferencia por proveedor.

En el caso de los variadores de frecuencia utilizados se seleccionaron los variadores Power Flex del proveedor Intek, ya que estos variadores son los

únicos que cumplen con la característica de fácil comunicación con el controlador, pues son del mismo fabricante Allen Bradley.

Respecto a los sensores para medir la velocidad de aire y capacitivos de proximidad, si se procedió a realizar el análisis de ponderación con base en los criterios de precio, calidad y tiempo de entrega.

Tabla 14: Ponderación de los sensores de cuarto de sólidos

Equipo	Empresa	Precio			Calidad			Tiempo de entrega			Total
		Peso	Calificación	Ponderación	Peso	Calificación	Ponderación	Peso	Calificación	Ponderación	
Sensor de velocidad de Aire de caldera	Reset	0.6	10.00	6.00	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	10.00
	DiLab	0.6	6.20	3.72	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	7.72
	Davis Instruments	0.6	8.68	5.21	0.25	10.00	2.50	0.15	6	0.9	8.61
Sensores capacitivos de proximidad	Reset	0.6	10.00	6.00	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	10.00
	Praysa	0.6	6.59	3.95	0.25	10.00	2.50	0.15	10	1.5	7.95

Resaltado están los sensores seleccionados, ya que fueron los que tuvieron mayor ponderación.

2.2.4 Etapa aprobación de compra. Esta es la etapa final del procedimiento y se busca la aprobación final del Director de Departamento de Ing. Química y para ello se redacta un informe con el equipo que se solicita comprar con las cotizaciones adjuntas respectivas. Luego que se obtiene la aprobación es importante hacer nuevas cotizaciones con los proveedores, especialmente si la compra se realiza en otro año contable, debido a que la tecnología para automatización es importada y esto implica a las empresas que se alineen con las nuevas estrategias de los fabricantes. Probablemente el rango de precio no varíe por más de 5% en el mismo año y si la divisa de donde se fabrica el producto no varía entre el tiempo que se hizo la nueva cotización y la anterior, el precio se mantendrá casi igual.

3. Evaluación del proyecto

3.1 Automatización de la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias

3.1.1 Descripción del proyecto. La automatización de la caldera está enfocada en el monitoreo de los parámetros principales de entrada y salida, siendo estos: alimentación de combustible, agua y oxígeno, en la salida del sistema vapor de agua saturado y gases de combustión, presión y temperatura interna de la caldera.

Este monitoreo se logrará utilizando equipos de medición de flujo y nivel para los tanques de combustible y agua respectivamente, medición de la temperatura del agua y combustible, medición de flujo de aire para cantidad de oxígeno alimentado, medición de nivel y temperatura de tanque de ahogado de vapor y medición de parámetros de salida de gases de combustión, CO₂, O₂, NO_x, SO_x, CO. El objetivo de la automatización es poder determinar la eficiencia de la caldera con un menor grado de incertidumbre, contar con un historial de trabajo de la misma

3.1.2 Objetivos del proyecto

3.1.2.1 Generales

- Contar con un sistema de almacenamiento digital del consumo y generación de la caldera, que permita monitorear los distintos parámetros que su operación implica y alerte al exceder alguno de los mismos.

3.1.2.2 Específicos

- Instalar y operar equipos que permitan monitorear el consumo de combustible en tiempo real.

- Instalar un equipo que permita cuantificar el oxígeno consumido durante la combustión.
- Instalar equipo que permita monitorear el nivel y temperatura del tanque de ahogado de vapor
- Instalar equipos que permitan monitorear la presión y temperatura interna de la caldera.
- Instalar y operar un equipo que permita monitorear los parámetros CO₂, CO, NO_x, SO_x, O₂ y temperatura de los gases de combustión.
- Proporcionar datos necesarios para elaborar un código de computación que permita determinar la eficiencia de la caldera, presente un reporte del consumo de oxígeno, combustible y agua, cálida del vapor y emisión de gases tras la combustión, balance de masa y energía y un apartado que permita determinar el costo en Quetzales por práctica realizada.

3.1.3 Análisis de propuestas. Es importante mencionar que todos los productos de las propuestas se convirtieron a Quetzales, tomando los siguientes tipos de cambio

$$1 \text{ EUR} = \$1.38^1$$

$$\$1 = Q 7.89^2$$

Cada una de las propuestas que se muestran continuación.

3.1.3.1 Propuesta 1: Proyecto a implementarse en la UVG. Este proyecto permitirá medir la eficiencia de la caldera por el método directo y por el indirecto. Además permitirá monitorear distintos parámetros tales como temperatura interna y externa de la caldera, temperatura del agua que ingresa a la caldera, flujo de agua que ingresa a la caldera, flujo de vapor generado, combustible consumido, dureza del agua y la presión interna de la caldera.

¹ Tasa de cambio de www.divisemundial.com el 15 de octubre de 2011

² Tasa de cambio del Banco Industrial, del día 18 de octubre 2011

Además el monitoreo podrá ser visto en tiempo real en una computadora, mediante una aplicación realizada en un HMI.

Materiales Directos e Indirectos

- Costo de sensores y equipo: Constituye todo aquellos dispositivos que son críticos para el funcionamiento del proyecto. A continuación se describe el equipo que se va a implementar en este proyecto

Tabla 15: Equipos y parámetros que medirán en el proyecto de calderas

Cantidad	Equipo/Sensor	Parámetro que medirá
2	Sensores de presión diferencial	Nivel de combustible
1	Sensor de presión diferencial	Nivel de agua de drenado
1	Termocopla tipo k tipo niple	Temperatura del agua que ingresa a caldera
1	Transmisor de presión	Presión interna de la caldera
4	Termocoplas adhesivas tipo k	Temperatura de la superficie de la caldera y la chimenea
1	Flujómetro Vortex	Flujo de vapor generado
1	Flujómetro para agua	Flujo de agua que ingresa a la caldera
1	Transmisor de conductividad	Dureza del agua
1	Termocopla tipo k roscada	Temperatura interna de la caldera
1	Velocidad	Flujo de aire que ingresa a caldera
1	Analizador de gases de combustión	Composición química de los gases de combustión

Todo el equipo anterior va conectado a un PLC, con excepción del analizador de gases de combustión, para mandar las señales al HMI para que los usuarios puedan ver los distintos parámetros y ver el cálculo de la eficiencia por los dos métodos. Adicionalmente se cuenta con una sirena que sonará cuando la presión de operación no esté en el rango configurado.

- Transporte de equipo y sensores: Costo incurrido en llevar los sensores desde la fábrica a la Universidad. En el caso de este proyecto sólo en los sensores de Davis Instruments se incurrió en este costo, debido a que no se incluía el costo de transporte de los sensores hacia la Universidad.
- Cables y accesorios: Constituyen los diferentes clases de cables que se utilizaron y los elementos que sirvieron para instalar los cables.
- Tubería y accesorios: Son los diferentes tipos de tubos y extensiones para hacer las instalaciones de tubería.

En lo que se refiere cables y accesorios, gabinete y accesorio, pintura y equipo de computación se procedió a separarlos en materiales directos e indirectos en base a la regla 95-5 que establece que si los materiales constituyen menos del 5% del costo total del material se pueden considerar como material indirecto

Para mayor información acerca de materiales, sensores y equipo de este proyecto ver anexo 4

Mano de Obra

- *Mano de Obra Directa:* Se considera únicamente las horas de trabajo proyectadas del técnico de laboratorio en el trabajo, pues los demás trabajos de mano de obra son llevada por estudiantes. El técnico de laboratorio que ayudó en las instalaciones tiene un sueldo de Q 23.98 la hora, considerando cuota patronal y prestaciones laborales respectivas. A continuación se muestran sus horas de trabajo proyectadas.

Tabla 16: Horas proyectadas de mano de obra

Rubro	Horas hombre-trabajadas
Instalacion de tuberia	24
Instalacion de cables en tuberias	24
Instalacionde equipo	20
Soldadura panel	3
Montaje de panel	5
Pintado de cables	16
Total	92
Costo por hora	Q23.98
Mano de Obra directa	Q2,206.56

- *Mano de Obra Indirecta:* En el caso de mano de obra indirecta se tomó el sueldo que la Universidad paga al asesor de Megaproyecto, en el transcurso de quince meses trabajados.
- *Depreciación:* Cuando es un Megaproyecto la Universidad no deprecia el equipo para dicho fin, sino hasta que se finalice el proyecto. Sin embargo si el equipo se compró en meses anteriores y tenía otra finalidad, si se deprecia. El equipo se deprecia a una tasa de 10% anual y tiene una vida útil de 10 años. El analizador de conductividad y el PLC fueron comprados para otros fines y estaban almacenados en bodega y a continuación se muestra su depreciación.

Tabla 17: Depreciación de equipo de caldera

Cantidad	Equipo	Depreciación
1	Analizador de conductividad	Q1,418.68
1	PLC Micrologix 1100	Q90.52
1	Analizador de gases de combustión	Q3,142.59
Total de depreciación		Q4,651.79

A continuación se muestra los costos reales de la implementación de la automatización de caldera

Tabla 18: Costos reales del proyecto de calderas

Material directo		
Equipo y sensores	Q130,257.39	
Transporte de equipo y sensores	Q828.10	
Cables y accesorios	Q3,307.66	
Gabinete y accesorios	Q3,400.69	
Pintura	Q1,153.04	
Equipo de computación	Q5,803.57	
Costo de material directo		Q144,750.44
Mano de obra directa	Q2,206.56	
Costo mano de obra directa		2206.56
COSTOS PRIMOS		Q146,957.00
Costos indirectos de fabricación		
Mano de obra indirecta		Q10,975.88
Materiales indirectos		
Tubería y accesorios	Q2,737.40	
Cables y accesorios	Q1,865.22	
Gabinete y accesorios	Q1,740.76	
Equipo de computación	Q446.43	
Pintura	Q50.89	
Otros	Q105.95	
Costo de materiales indirectos		Q6,946.65
Depreciación		
Sensores y equipo		Q4,651.79
Otros costos		
Llamadas telefónicas	Q500.00	
Electricidad	Q50	
Impresiones	Q15.00	
Total de otros costos		Q515.00
Total costos indirectos de fabricación		Q23,089.32
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q170,046.32

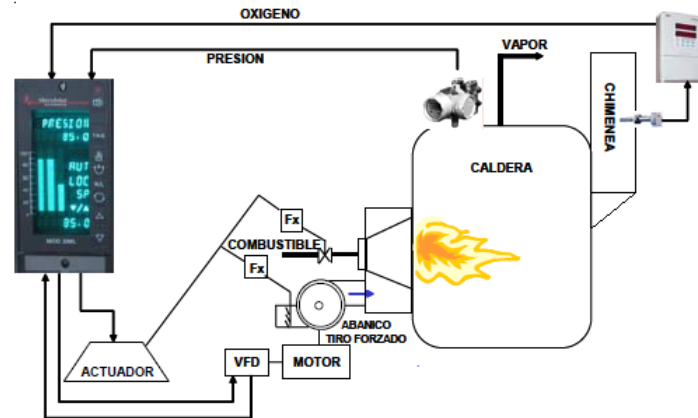
3.1.3.2 Propuesta 2: Trimpack. El proveedor de este producto es Micromod de México. Trimpack es un sistema de control de combustión que está pre-configurado y pre-diseñado para controlar el flujo de oxígeno mediante posicionamiento de varillaje. Este sistema es ideal para mantener la eficiencia original de diseño de la caldera, además cuenta con la instrumentación y programación adecuada para establecer ajuste continuo de la relación combustible-aire, para que la eficiencia obtenida sea óptima. Trimpack permite reducción en costos de mantenimiento, ahorro de combustibles y provee una tecnología amigable con el medio ambiente.

Para instalar este sistema se necesita de un control de aire, que puede ser un variador de frecuencia que se coloca en el ventilador de tiro justado para regular la velocidad la velocidad del ventilador. Trimpack otorga seguridad de tal manera que tiene límites de salida del controlador de oxígeno y alarmas de paro cuando la presión excede y cuando el aire es insuficiente.

- *Equipo*

El Trimpack necesita de un analizador de gases de combustión que va conectado a una de sus entradas y compara la cantidad de oxígeno otorgada por ese aparato contra las tablas internas que muestran la relación ideal de aire/combustible lo que se traduce en una señal para el variador para controlar la demanda de aire. Este sistema también requiere de un transmisor de presión para monitorear la presión del domo y además requiere de un sensor de temperatura en la chimenea de la caldera para calcular la eficiencia del proceso

Figura 5: Sistema Trimpack



El equipo que se requiere para esta propuesta se muestra a continuación.

Tabla 19: Equipo y sensores para implementación de Trimpack

Trimpack	Q26,037.00
Analizador de gases de combustión	Q75,780.05
Sensor de presión	Q1,370.49
Sensor de temperatura	Q1,973.68
Variador de velocidad	Q2,400.00
Sensor de velocidad	Q4,950.00
Total de sensores y equipo	<u>Q112,511.23</u>

- *Materiales indirectos:* En comparación al proyecto que está llevando, los materiales que se requieren son pocos, debido a que no se deben realizar muchas instalaciones.

Tabla 20: Materiales indirectos de propuesta Trimpack

Rubro	Costo
Tubería y accesorios	Q1,000.00
Cables y accesorios	Q1,000.00
Pintura	Q300.00
Otros	Q100.00
Costo de materiales Indirectos	Q2,400.00

- *Mano de obra directa:* La instalación de este equipo es sencillo y se contempla, que se trabajarán las siguientes horas

Tabla 21: Mano de obra directa para la propuesta Trimpack

Rubro	Horas trabajadas
Instalacion de tuberia	10
Instalacion de cables en tuberias	10
Instalacionde equipo	10
Soldadura panel	3
Montaje de panel	2
Pintado de cables	4
Total	39
Mano de Obra directa	Q935.39

- *Mano de Obra Indirecta:* Por la supervisión Mircromod cobra Q 3,000.
- *Depreciación:* No hay debido a que la Universidad no comienza a depreciar el equipo hasta que el proyecto esté finalizado.

A continuación se muestran los costos incurridos en la implementación de esta propuesta.

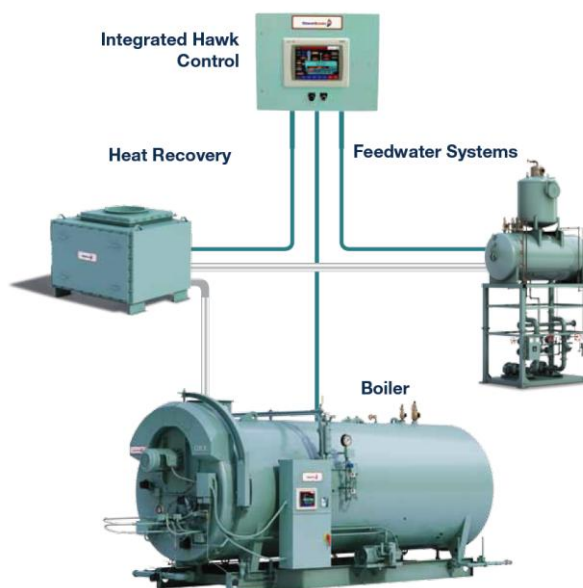
Tabla 22: Costos de la propuesta de Trimpack

Material Directo		
Equipo y sensores	Q112,511.23	
Transporte de equipo y sensores	<u>Q800.00</u>	
Costo de material directo		<u>Q113,311.23</u>
Mano de obra directa		
Técnico de laboratorio	<u>Q935.39</u>	
Total de mano de obra directa		<u>Q935.39</u>
COSTOS PRIMOS		<u>Q114,246.62</u>
Costos indirectos de fabricación		
Mano de obra indirecta		
Supervisor	<u>Q3,000.00</u>	
Total de mano de obra Indirecta		<u>Q3,000.00</u>
Materiales indirectos		<u>Q 2,400.00</u>
Otros costos		
Llamadas telefónicas	Q100.00	
Impresiones	Q15.00	
Energía eléctrica	<u>Q50.00</u>	
Total de otros costos		<u>Q115.00</u>
Total costos indirectos de fabricación		<u>Q5,515.00</u>
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		<u>Q119,761.62</u>

3.1.3.3 Propuesta 3: Hawk 5000 de Cleaver Brooks. El proveedor es Sidasa, representante de Cleaver Brooks, para Guatemala. Este es un sistema completo para automatización de calderas, ideal para mediciones completas en calderas acuatubulares y pirutubulares. Este sistema tiene adaptación para el control de O₂, control mediante variador de velocidad, control economizador y otros controles para caldera que se encuentran integrados. A continuación se muestran las características de este sistema:

- Panel View de 10" touchscreen
- Hardware de monitoreo para O2
- Velocidad variable de oxígeno
- Capacidad plena de medición
- Economizador de gases de combustión de temperatura de salida
- Economizador de agua de alimentación de entrada de la temperatura
- Entradas análogas adicionales
- Control de combustión mediante la relación aire/temperatura ambiente
- Tendencias On-line
- Lectura de eficiencia de caldera mediante O2
- Comunicación mediante ethernet
- E-mail, mensajes de texto por internet
- Interfase de comunicación Lan/Wan
- Interfase de automatización
- Monitoreo Remoto
- Software de monitoreo remoto
- Control maestro de nivel
- Monitoreo de temperatura
- Monitoreo de presión
- Aumenta eficiencia de la caldera
- Control integrado mediante PLC

Figura 6: Sistema Hawk 5000



Este es un sistema bastante costoso y el proveedor lo vende con el precio de instalación, pero no incluye materiales de instalación.

- *Materiales indirectos:* A continuación se muestran los costos incurridos por los materiales de instalación.

Tabla 23: Materiales indirectos de la propuesta Hawk 5000

Rubro	Costo
Tubería y accesorios	Q1,500.00
Cables y accesorios	Q2,000.00
Pintura	Q300.00
Costo de materiales Indirectos	Q3,800.00

Tabla 24: Precio del Sistema Hawk 5000

Material directo	
Equipo y sensores	<u>Q352,232.14</u>
Costo de material directo	<u>Q352,232.14</u>
Mano de obra directa	
Instalación	<u>Q5,500.00</u>
Total de mano de obra directa	<u>Q5,500.00</u>
COSTOS PRIMOS	<u>Q357,732.14</u>
Costos indirectos de fabricación	
Mano de obra indirecta	
Supervisión	<u>Q2,000.00</u>
Total de mano de obra indirecta	<u>Q2,000.00</u>
Materiales indirectos	<u>Q3,800.00</u>
Otros costos	
Llamadas telefónicas	Q100.00
Impresiones	Q15.00
Energía eléctrica	<u>Q50.00</u>
Total de otros costos	<u>Q115.00</u>
Total costos indirectos de fabricación	<u>Q5,915.00</u>
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	<u>Q363,647.14</u>

3.1.4 Costo beneficio de automatización de calderas. En la industria no se encontró un equipo que hiciera exactamente lo que se necesitaba en la automatización de calderas, pero los sistemas que más se asemejan al proyecto es el sistema Trimpack de Micromod y el sistema Hawk 5000 de Cleaver Brooks. Estos sistemas están enfocados en aumentar la eficiencia de la caldera, mientras que el sistema que se implementará en la UVG estará enfocado en el monitoreo de la caldera, considerando parámetros adicionales a los que ofrecen las otras plataformas. El sistema Hawk 5000 y el Trimpack son sistemas pre-configurados por lo que no se debe invertir tiempo en programación y la instalación es más fácil.

A nivel industrial el sistema de Cleaver Brooks es el más completo, debido a que tiene controles para el control de combustión, nivel de agua y control de oxígeno; además la automatización de la caldera mediante esta plataforma puede ser controlada de acuerdo a parámetros que el usuario ingresa al sistema. Para este sistema no hay que comprar sensores como en el caso del Trimpack, ya que es un paquete completo que ofrece la empresa.

Es importante mencionar que en el proyecto de caldera que se implementará no se consideraron aspectos de automatización, ya que era una de las especificaciones del proyecto. Por esta razón los aspectos adicionales de automatización no son considerados fuertemente, para la toma de decisión.

Otro aspecto que vale la pena resaltar es que el proyecto de automatización que se hará en la Universidad es personalizado, pues contemplará la medición de la eficiencia por dos métodos. Otra de las características en comparación a las otras alternativas es que este proyecto permitirá monitorear la dureza del agua que ingresa a la caldera, lo cual incrementará la seguridad industrial de la caldera, ya que a nivel industrial una de las razones por las que explota una caldera es la falta de tratamientos

efectivos de dureza del agua que alimenta a la misma. Los sistemas de seguridad que posee la caldera son muy elevados actualmente, pero adicionalmente en este proyecto se le agregará una sirena cuando la presión no esté dentro el rango de operación.

El propósito del proyecto de caldera es que los estudiantes puedan tomar datos precisamente y estar dentro de un entorno similar al de las industrias. Según la información anterior se hizo una tabla de criterios ponderados de tal forma que se obtenga la mejor alternativa de acuerdo a su relación costo-beneficio.

Tabla 25: Ponderación de propuestas del proyecto de automatización de caldera

Parámetro	Peso	Proyecto actual UVG		Trimpack		Hawk 5000	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Precio	0.07	7	0.49	10	0.7	3.2	0.224
Obtener eficiencia de caldera	0.1	10	1	10	1	10	1
Conocer consumo de combustible	0.1	10	1	0	0	10	1
Conocer el flujo de vapor generado	0.1	10	1	0	0	10	1
Conocer la dureza del agua que ingresa a caldera	0.06	10	0.6	0	0	0	0
Mostrar composición de gases de combustión	0.1	10	1	4	0.4	4	0.4
Tener alarma que se active cuando la presión no está en un rango	0.06	10	0.6	10	0.6	10	0.6
Conocer cantidad de aire que ingresa	0.05	10	0.5	10	0.5	10	0.5
Indicar las pérdidas por radiación	0.1	10	1	5	0.5	10	1
Didáctico	0.1	7	0.7	5	0.5	10	1
Realizado por estudiantes	0.06	10	0.6	0	0	0	0
Plataforma integrada	0.05	7	0.35	10	0.5	10	0.5
Funcionalidades Adicionales	0.05	2	0.1	7	0.35	10	0.5
Total	1		8.94		5.05		7.724

Como se puede observar la propuesta que tuvo mayor ponderación fue la que se está implementando actualmente en la Universidad, ya que cumple mayormente con los objetivos del proyecto. Esto justifica la inversión que se realizó para este proyecto, frente a las otras propuestas que hay en el mercado.

3.1.5 Costos proyectados de implementación a nivel industrial.

Es importante mencionar que si el proyecto se hubiera realizado a nivel industrial los costos se hubieran incrementado. Esto se debe a que existirían más rubros en mano de obra directa, pues en el Megaproyecto no se incurre en gastos de Ingeniería, ya que es desarrollado por estudiantes que no reciben remuneración. Además los equipos como el PLC y accesorios para la caja del PLC de marca Allen Bradley serían 2.5 veces más caros, pues la UVG cuentan con precio especial de esta empresa. Además respecto a la mano de obra indirecta existiría un mayor precio. A continuación se procede a detallar cada uno de esos rubros.

- **Material Directo:** Se puede observar mayor incremento en el rubro de equipo y gabinete y accesorios debido a que varios productos eran de la marca Allen Bradley.

Tabla 26: Resumen de material directo del proyecto de caldera implementado a nivel industrial

Rubro	Precio
Equipo y sensores	Q141,627.12
Transporte de equipo y sensores	Q828.10
Tubería y accesorios	Q907.49
Cables y accesorios	Q3,307.66
Gabinete y accesorios	Q5,622.25
Pintura	Q1,153.04
Equipo de computación	Q5,803.57
Total	Q159,243.23

- Material indirecto: La mayor parte se ve en gabinete y accesorios. A continuación se muestra cada rubro

Tabla 27: Material Indirecto de costos proyectados de caldera

Rubro	Precio
Tubería y accesorios	Q1,829.91
Cables y accesorios	Q1,865.22
Gabinete y accesorios	Q3,530.92
Equipo de Computación	Q446.43
Pintura	Q50.89
Otros	Q105.95
Total	Q7,829.31

- Mano de obra directa: Se considera costo de mano de obra de un electricista y ayudante para hacer instalaciones. También se considera la mano de obra de un pintor y el costo de mano de obra ingenieril que incluye programación del PLC y HMI, diseño del proceso y diseño electrónico. A continuación se muestra el resumen de la mano de obra directa.

Tabla 28: Resumen de mano de obra directa del proyecto de caldera implementado a nivel industrial

Concepto	Horas-hombre	Costo por hora	Total
Electricista y ayudante	128	Q 200	Q 25,600
Pintor	16	Q70	Q 1,120
Programación	56	Q350	Q 19,600
Diseño del proceso	60	Q350	Q 21,000
Diseño electrónico	60	Q350	Q 21,000
Total			Q 88,320

- Mano de obra indirecta: Actualmente el asesor de Megaproyecto tiene asignado 9 horas al mes para dar la clase, por lo que en tres semestres del desarrollo del proyecto serían 135 horas. Debido a que el asesor atiende a dos módulos directamente se asume que la mitad de horas son para caldera

y la otra para el módulo de cuarto de sólidos. Un supervisor de esta clase de proyectos debido al conocimiento que posee gana en el mercado aproximadamente Q 475 la hora. Además se necesitaría de una persona que realizara las cotizaciones y las compras de los materiales y equipos. Se estima que esta persona sería contratada durante cinco meses y tendría un sueldo de Q 4,500.

Tabla 29: Resumen de mano de obra indirecta del proyecto de caldera implementado a nivel industrial.

Recurso Humano	Costo
Encargado de compras y logística	Q22,500.00
Supervisor	Q32,062.50
Cuota patronal	Q2,819.08
Prestaciones de ley	Q6,488.10
Total mano de obra indirecta	Q63,869.68

- Depreciación: Todo el equipo y sensores se deprecian un mes a una tasa de 10% anual sobre su vida útil, ya que se asume que el proyecto tardará un mes en armarse y todo el equipo y sensores están antes de comenzar a integrarse.
- Otros costos: Se asume que los costos incurridos serían los mismos del proyecto actual implementado.

Los costos del proyecto se muestran a continuación

Tabla 30: Resumen de costos del proyecto realizado a nivel industrial

Material directo	Q159,249.23	
Mano de obra directa	Q88,320.00	
Costos primos		<u>Q247,569.23</u>
Costos indirectos de fabricación		
Mano de obra indirecta	Q63,869.68	
Material indirecto	Q7,829.31	
Depreciación	Q1,131.80	
Otros costos	Q515.00	
Total de Costos Indirectos de Fabricación		<u>Q9,476.11</u>
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		<u>Q257,045.34</u>

Esto constituye un 33.85 % más en costos en comparación al proyecto implementado de automatización de caldera en la UVG.

3.2Automatización cuarto de sólidos

3.2.1 Descripción del proyecto. Este proyecto permitirá automatizar los equipos de manejo de sólidos que se utilizan en el Laboratorio de Operaciones Unitarias para poder formar una línea de producción lo más parecido a la industria. En el cuarto de sólidos del laboratorio hay varios equipos para el manejo de granos, que abarcan almacenamiento, transporte y molinos que trabajan individualmente. También se pretende identificar la mayoría de problemas que se puedan presentar al finalizar la automatización y presentar alguna alternativa para un óptimo funcionamiento.

Para la automatización es necesario crear una base de datos con las características básicas de los granos que más se utilizan para operar los equipos. Se realizarán las pruebas con cada uno de estos granos en los equipos, se tomarán datos como la densidad, humedad, entre otras y

comportamiento de estos en cada equipo. Con estos datos ya se puede calibrar los equipos que automatizaran a cada uno de estos granos, es decir cual velocidad es la ideal para el transporte y su caudal máximo.

3.2.2 Objetivos del proyecto

3.2.2.1 Generales

- Automatizar los equipos de manejo de sólidos que se utilizan en el laboratorio de operaciones unitarias, para poder formar una línea de producción, lo mas semejante posible a la industria.

3.2.2.1 Específicos

- Que con la automatización de los equipos, se puedan cambiar cualquier equipo en la línea de producción y su funcionamiento sea óptimo
- Crear una base de datos con los granos más utilizados en estos equipos, y que trabaje sin problema con cada uno de estos.
- Encontrar la mejor opción en equipo para automatizar y con el menor costo.

3.3.3 Descripción de propuestas. Para elaborar el análisis de costo beneficio de este proyecto se consideró únicamente el sistema de control de almacenaje y flujo de granos, pues las demás partes como costos en estructura, mano de obra y material iban a ser similares en todas las propuestas. Vale la pena resaltar que este proyecto es único y no se encuentra todo un sistema similar al que se está desarrollando en la Universidad. A continuación se describen cada una de las propuestas para posteriormente hacer el análisis de costo beneficio.

3.3.3.1 Propuesta 1: Proyecto actual. El sistema Cuenta con los siguientes componentes:

- Tornillos sin fin verticales

Fabricante: Talleres Hernández

País: Guatemala

Costo: Q 15,200 c/u

Estos tornillos verticales son pequeños y tienen su propio motor trifásico. El diámetro de los mismos de 1.5 pulgadas y giran sobre un eje metálico que está conectado al motor, mediante una brida. Estos tornillos permiten que el grano quede almacenado o pueda salir del sistema de almacenaje, dependiendo del flujo.

- Variadores: Estos dispositivos permiten variar la velocidad de giro de los tornillos sin fin verticales. Son marca Allen Bradley de 1 HP y su voltaje de alimentación es de 220 V.
- Sensores capacitivos de nivel: Estos sensores evitarán que el equipo trabaje sin carga y que se acumule los granos en el sistema de almacenaje y permitirán tomar decisiones respecto al flujo que se desea controlar.

Para calcular el flujo adecuadamente será necesario que los usuarios ingresen el peso del grano, el tipo de grano y el sistema que se programará mediante una curva de flujo contra tiempo calcular el flujo correspondiente y a partir de ahí controlar este sistema.

A continuación el resumen de equipo a utilizar sin contar con el PLC y sus módulos.

Tabla 31: Equipo y sensores de la propuesta actual del proyecto de automatización del cuarto de sólidos

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
3	Tornillos sin fin verticales con motor de ¾ hp	Q13,571.43	Q40,714.29
6	Sensores capacitivos de nivel	Q1,158.93	Q6,953.57
4	Variadores de 1 hp	Q2,142.86	Q8,571.43
2	Sensores de Velocidad de Aire	Q4,419.64	Q8,839.29
1	Motor de 1750 rpm trifasico de 3/4 hp	Q1,071.43	Q1,071.43
Total			66,150.00

3.3.3.2 Propuesta 2: Sistema con celdas de carga. Está propuesta consta de las siguientes partes:

- Celdas de carga: Estas celdas permiten determinar cuál el peso del grano en el silo y a la hora de liberar la electroválvula del silo cada cierto tiempo se tendría el flujo de sólidos.

Kits de cuatro celdas de carga marca FAIRBANKS, modelo Omnicell9101 FB y caja de juntas con las siguientes características:

- ✓ Capacidad máxima de 150 lbs cada una.
- ✓ Celdas con protección IP66 contra polvo y agua.
- ✓ Auto chequeo multi-direccional
- ✓ Sistema auto alineable
- ✓ Caja de juntas de acero inoxidable con protección NEMA4X Cable de poliuretano de 20 pies de largo
- ✓ Temperatura de operación desde -18°C hasta 65°C
- ✓ Sobrecarga permitida de 150%
- ✓ Montura de ensamblaje de acero inoxidable.

Figura 7: Celda de carga marca Fairbanks modelo X-SERIES



- Indicador electrónico para las celdas de carga
Permite la comunicación entre las celdas de carga y el PLC. Tiene las siguientes características:
 - ✓ Indicador marca Fairbanks modelo X-SERIES
 - ✓ Modelo X-SERIES Instrument con montura para panel.
 - ✓ Display LCD con dígitos de 0.7 pulgadas de altura.
 - ✓ Construcción de aluminio
 - ✓ Unidades de medición: lb, fg, oz, t
 - ✓ Especificaciones eléctricas: 110 VAC, 60Hz.
 - ✓ Interfaz de comunicación para PLC
 - ✓ ModBusTCP/IP (ETHERNET) (PR5510/14)
 - ✓ Protocol: ModBus TCP
 - ✓ Transfer rate: 10 Mbits/s (10BaseT, Ethernet and 100Mbits/s (100BaseTx, Fast Ethernet)
 - ✓ External connection: RJ-45

- Electroválvula: Su función es la de liberar la carga de granos de los silos.
Esta válvula tiene las siguientes características:
 - ✓ Válvula de mariposa de alto rendimiento y de operación bi-direccional marca BRAY Serie 30.
 - ✓ Diámetro: 6"
 - ✓ Material del cuerpo: hierro dúctil

- ✓ Rating: ANSI Clase 150
- ✓ Material del disco: acero inoxidable 316
- ✓ Material del vástago: acero inoxidable 416
- ✓ Asiento: EPDM
- ✓ Actuador: Neumático doble acción marca Bray Serie 92-119 (dimensionada a 60PSI), incluye posicionador neumático Serie 64 operando de 3 a 15 PSI, transducer I/P ControlAir modelo 500 AC con señal de entrada de 4 –20 MA a 3 – 15 PSI, conexión eléctrica de 1/4" y neumática de 1/2" con filtro regulador Control Air300 BC conexión de 1/4" NPT con rango desregulación de 0 – 120 PSI.

Figura 8: Válvula mariposa marca BRAY Serie 30



- Vibrador para silo: Permite que el grano no se quede atorado en el silo. Tiene las siguientes características
 - ✓ Serie EBV marca Dwyer Instruments con las siguientes características:
 - ✓ 130 Libras de Fuerza Centrífuga
 - ✓ Fuerza Centrífuga Ajustable
 - ✓ Alimentación de 120 VAC
 - ✓ Housing de Aluminio con protección NEMA4X (Polvos)
 - ✓ Operación Silenciosa (20dB)

Figura 9: Vibrador para silo marca Dwyer serie EBV



Adicionalmente se debe agregar un nuevo motor y un variador para el transportador de tornillos. A continuación se muestran los costos en que se incurrirían en esta propuesta.

Tabla 32: Costos de la propuesta con celdas de carga

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
2	Kits de 4 celdas de carga c/u	Q14,459.00	Q28,918.00
2	Indicadores para transmitir señal a PLC	Q10,000.00	Q20,000.00
3	Electroválvulas con transmisor de señal de 4-20	Q13,948.39	Q41,845.18
3	Vibradores para silo	Q3,296.89	Q9,890.68
2	Sensores de velocidad	Q4,419.64	Q8,839.29
1	Motor de 1750 rpm trifasico de 3/4 hp	Q1,071.43	Q1,071.43
1	Variador de 1 hp	Q2,142.86	Q2,142.86
Total			Q112,707.43

3.3.3.3 Propuesta 3: Sistema con sensores de flujo. Esta propuesta cuenta con los siguientes elementos:

- Sensor de flujo: Mide el flujo de los sólidos en una tubería. Tiene las siguientes características
 - ✓ Marca Iberfluid Instruments y serie SolidFlow

- ✓ Medición de flujo de acuerdo a los datos proporcionados
- ✓ Salida de 4-20mA
- ✓ Alimentación de 24 VDC
- ✓ Incluye Socket para montaje, sensor, software para programación y conexión RS232
- ✓ 4 Salidas de Relay
- ✓ Electrónica de retransmisión para montaje en riel

Figura 10: Medidor de flujo para sólidos



- Además para cada sistema de control de almacenamiento se necesita una electroválvula y un vibrador para silo y sus características se encuentran descritas en la propuesta anterior.

Tabla 33: Costos de la propuesta con sensores de flujo

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
2	Medidores de flujo para sólidos	Q60,089.29	Q120,178.57
3	Electroválvulas con transmisor de señal de 4-20	Q13,948.39	Q41,845.18
3	Vibradores para silo	Q3,296.89	Q9,890.68
2	Sensores de velocidad	Q4,419.64	Q8,839.29
1	Motor de 1750 rpm trifasico de 3/4 hp	Q1,071.43	Q1,071.43
1	Variador de 1 hp	Q2,142.86	Q2,142.86
Total			Q183,968.00

3.3.3.4 Propuesta 4: Sistema con contadores de grano. Esta propuesta cuenta con los siguientes elementos:

- Contador de grano: Permite contar cualquier grano y el flujo con este dispositivo sería sabiendo el conteo de granos cada determinado tiempo e introduciendo en el sistema una curva de acuerdo al tipo de grano que muestre la relación peso contra conteo de granos. Este contador cuenta con las siguientes características:
 - ✓ Marca International Marketing and Design Co. y el modelo es Model U
 - ✓ Cuenta por cantidad de lotes establecido
 - ✓ Puede contar múltiples grupos o lotes
 - ✓ Tienen pantalla LCD
 - ✓ Puede vaciarse
 - ✓ Es rápida y segura
 - ✓ Puede programarse mediante Excel
 - ✓ Tiene una impresora etiquetadora
 - ✓ Tiene una interfaz de conexión RS-232
 - ✓ Tiene una tarjeta de memoria flash
 - ✓ Tiene un vibrador para granos
 - ✓ Puede dar alarmas de trabajo

Figura11: Contadora de granos marca International Marketing and Design Co, modelo U



- Además para cada sistema de control de almacenamiento se necesita una electroválvula y un vibrador para silo y sus características se encuentran descritas en la propuesta 2. Para el correcto funcionamiento del sistema se requiere de un variador y motor al igual que las demás propuestas.

A continuación se muestran los costos de esta propuesta

Tabla 34: Costos de la propuesta de la contadora de granos

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
2	Contadores de semilla	Q61,522.00	Q123,044.00
3	Electroválvulas con transmisor de señal de 4-20	Q15,622.20	Q46,866.60
3	Vibradores para silo	Q3,296.89	Q9,890.68
2	Sensores de velocidad	Q4,419.64	Q8,839.29
1	Motor de 1750 rpm trifásico de 3/4 hp	Q1,071.43	Q1,071.43
1	Variador de 1 hp	Q2,142.86	Q2,142.86
Total			Q191,854.85

3.2.4 Análisis costo-beneficio. Todas las propuestas mencionadas anteriormente permiten controlar el flujo y el almacenamiento de los granos. La propuesta que se implementará en el cuarto de sólidos es la más barata, pero al mismo tiempo cumple con los requerimientos del proceso. La razón por la que es más barato es porque los tornillos sinfín verticales actúan como una especie de válvula.

La propuesta con celdas de carga es ideal para tener control de un flujo programable, debido a que permite calcular en tiempo real el flujo, por lo que es más versátil para utilizar. Esta propuesta fue la segunda que se diseñó, pero fue rechazada por el presupuesto limitado con se contaba.

La propuesta con sensores de flujo fue el primer diseño que se realizó y fue rechazado porque representaba costos muy elevados. Este tipo de sensores son especiales para aplicaciones de granos, además permite calcular en tiempo real el flujo y permite versatilidad en el manejo de flujo.

En la industria también hay contadoras para granos que también se adaptan a esta aplicación. Si se realiza una curva de peso contra cantidad de granos se puede predecir el flujo en un momento determinado. Esta máquina presenta una menor versatilidad a la hora de programar ya que no hay comunicación directa con el PLC.

Con base en criterios establecidos se procedió a realizar una ponderación de los mismos, donde el factor precio tuvo un mayor peso, sobre la toma de decisión.

Tabla 35: Ponderación de propuestas del proyecto de automatización de cuarto de sólidos

	Peso	Proyecto UVG (tornillos sinfín)		Celdas de carga		Sensores de flujo		Contador de semillas	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Dentro del presupuesto	0.25	10	2.5	5.86	1.465	2.3	0.575	2.5	0.625
Almacenamiento de granos	0.1	8	0.8	10	1	10	1	10	1
Flujo programable	0.15	8	1.2	10	1.5	10	1.5	10	1.5
Didáctico	0.15	8	1.2	10	1.5	10	1.5	9	1.35
Realizado por estudiantes	0.1	10	1	10	1	10	1	10	1
Eficiencia del proceso	0.1	10	1	10	1	10	1	10	1
Plataforma integrada	0.08	8	0.64	10	0.8	10	0.8	8	0.64
Funcionalidades Adicionales	0.07	3	0.21	3	0.21	3	0.21	6	0.42
Total	1		8.55		8.475		7.585		7.535

Como se puede observar la propuesta que se está implementando en el cuarto de sólidos si justifica la inversión de acuerdo a esta ponderación.

3.2.5 Costos del proyecto implementado

- **Materiales directos e indirectos:** Se hizo una separación por medio de la regla 95-5 que establece que si un material es menos del 5% acumulado del costo total entonces es considerado como material indirecto. Para mayor información de los materiales ver el anexo 4.
- **Mano de Obra Directa:** Aquí solamente se incluye únicamente las horas-hombre del técnico de laboratorio que ayudó a realizar las instalaciones del proyecto.

Tabla 36: Mano de obra implementada en la automatización del cuarto de sólidos.

Rubro	Horas trabajadas
Instalacion de tuberia	20
Instalacion de cables en tuberias	5
Instalacionde equipo	5
Soldadura panel	3
Montaje de panel	5
Pintado de cables	16
Total	54
Mano de Obra directa	Q 1,295.15

- *Mano de obra indirecta:* Únicamente se toma en cuenta lo que la mitad de lo que la Universidad paga al asesor de Megaproyecto mensualmente.
- *Depreciación:* No se toma en cuenta pues la Universidad no comenzará a depreciar, sino hasta que se termine el proyecto.

A continuación se muestran los costos incurridos de este proyecto.

Tabla 37: Costos incurridos del módulo de cuarto de sólidos

Material directo		
Equipo y sensores	Q71,304.45	
Cables y accesorios	Q2,124.32	
Gabinete y accesorios	Q4,056.07	
Pintura	Q1,153.04	
Estructura	Q4,464.29	
Equipo de computación	Q7,000.00	
Costo de material directo		Q90,102.16
Mano de obra directa	Q1,295.15	
Costo mano de obra directa		1295.15
COSTOS PRIMOS		Q91,397.31
Costos indirectos de fabricación		
Mano de obra indirecta		Q10,975.88
Materiales indirectos		
Tubería y accesorios	Q2,189.89	
Cables y accesorios	Q1,022.88	
Gabinete y accesorios	Q1,435.15	
Pintura	Q50.89	
Costo de materiales indirectos		Q4,698.82
Otros costos		
Llamadas telefónicas	Q350.00	
Impresiones	Q15.00	
Total de otros costos		Q365.00
Total costos indirectos de fabricación		Q16,039.70
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q107,437.01

Para mayor información respecto al material, sensores y equipo que se adquirieron ver anexo 5.

3.2.6 Costo a nivel industrial. Al igual que el proyecto de automatización de caldera, habría un aumento en mano de obra y materiales, en comparación al proyecto que se está implementando actualmente. A continuación se detalla los rubros más importantes.

- *Material directo:* Hay un incremento del mismo debido a que los equipos del proveedor Intek se incrementan 2.5 veces.

Tabla 38: Material directo de automatización de caldera a nivel industrial

Material Directo		
Equipo y sensores	Q78,441.91	
Estructura	Q4,452.38	
Cables y accesorios	Q2,124.32	
Gabinete y accesorios	Q7,975.92	
Tubería y accesorios	Q1,567.13	
Pintura	Q1,153.04	
Equipo de computación	<u>Q7,000.00</u>	
Costo de Material Directo		<u>Q102,714.69</u>

- *Material indirecto:* A continuación se muestra su desglose.

Tabla 39: Material indirecto de automatización de caldera a nivel industrial

Materiales indirectos		
Tubería y accesorios	Q1,101.34	
Cables y accesorios	Q1,022.88	
Gabinete y accesorios	Q2,370.45	
Pintura	<u>Q50.89</u>	
Costo de materiales indirectos		<u>Q4,545.56</u>

- *Mano de Obra Directa:* Hay que considerar la mano de obra ingenieril y las horas de instalación con un electricista

Tabla 40: Mano de Obra Directa a nivel industrial de la automatización de la caldera

Recurso Humano	Horas-hombre	Costo por hora	Total
Electricista y ayudante	150	Q200	Q30,000.00
Pintor	16	Q70	Q1,120.00
Programación	64	Q350	Q22,400.00
Diseño del Proceso	60	Q350	Q21,000.00
Diseño electrónico	75	Q350	Q26,250.00
Total			Q100,770.00

- *Mano de Obra Indirecta:* Se asume que las horas de supervisión serán 67.5 horas y que el sueldo por hora será de Q 475. También al igual que en el módulo de caldera también se necesita de un encargado de compra y logística, pero el tiempo en que es contratado es de 4 meses

Tabla 41: Mano de Obra Directa a nivel industrial de la automatización de la caldera

Recurso Humano	Costo
Encargado de compra y logística	Q18,000.00
Supervisor	Q32,062.50
Cuota Patronal	Q2,248.93
Prestaciones de ley	Q5,175.90
Total mano de obra indirecta	Q57,487.33

Los costos totales del proyecto llevado a nivel industrial se muestran a continuación.

Tabla 42: Costo del proyecto de automatización del cuarto de sólidos a nivel industrial

Material directo	Q102,714.69	
Mano de obra directa	<u>Q100,770.00</u>	
Costos primos		<u><u>Q203,484.69</u></u>
Costos indirectos de fabricación		
Mano de obra indirecta	Q57,487.33	
Material indirecto	Q4,545.56	
Depreciación	Q677.41	
Otros costos	<u>Q515.00</u>	
Total de costos indirectos de fabricación		<u><u>Q5,737.97</u></u>
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q209,222.66

Con esto se puede observar que si esta propuesta se hubiera llevado a nivel industrial hubiese sido Q 101,785.65 más caro que el proyecto que se está implementando en la Universidad, es decir que gracias a los precios especiales de Allen Bradley y principalmente el ahorro en mano de obra la universidad obtuvo un ahorro del 48.6%.

4. Propuesta de página web

La página web que se realizó tiene como fin informar acerca de este Megaproyecto a quiénes la visitan y ser un medio de publicidad para la Universidad del Valle, quién fue el patrocinador del proyecto. Para este sitio se compró el uso del dominio

<http://www.megaproyectosuvg.net/>

por un año con un valor de Q84.20 y se utilizó un hosting de Linux compartido.

El sitio fue realizado en Wordpress, una plataforma CMS y de código abierto, y para poder utilizarlo se procedió a descargar la plataforma; luego

mediante un FTP se subió el archivo comprimido al servidor web y después se descomprimió mediante una funcionalidad que ofrece el panel de control del hosting. Posteriormente se procedió a la instalación de Wordpress tomando en cuenta la secuencia de instalación.

Para el diseño de este sitio web se procedió a utilizar una plantilla gratuita para Wordpress de dos columnas que se descargó de:

<http://themes.rock-kitty.net/snatch>

Luego se procedió a instalar esta plantilla en la plataforma y se personalizó el diseño, dejando intacto únicamente el pie de página como el término de la licencia lo declaraba. Dentro de esas modificaciones fueron el cambio del favicon, logotipo del sitio y la selección de elementos de la barra lateral.

4.1 Partes del sitio web. A continuación se muestran cuáles son las partes que componen el sitio web final.

Figura 12: Diseño del Sitio Web



- **Título del sitio:** Muestra un título fotográfico del sitio, que se muestra en todas las páginas
- **Menú principal:** Muestra cuáles son las páginas por las que puede navegar el usuario. A continuación se describen cuáles son esas páginas
 - ✓ Inicio: Muestra diapositivas móviles con cinco imágenes con el fin de dar una perspectiva global del Megaproyecto y además se da una descripción sobre qué son estos y en qué consistió la Cuarta Fase de Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias
 - ✓ Experiencias: Da un testimonio de cuál ha sido la experiencia de cada uno de los miembros que ayudó en el desarrollo del Megaproyecto. Además cuenta con un formulario de comentarios.
 - ✓ Automatización: Otorga una descripción más detallada cuáles fueron las etapas en que consistió este Megaproyecto. Además cuenta con un formulario de comentarios al igual que sus otras páginas hijas.
 - Cuarto de sólidos: Muestra información concerniente a este módulo, los objetivos del proyecto, cuáles fueron los puntos que se automatizaron y breve descripción de cómo se realizó este proyecto.
 - Caldera: Da una descripción del Módulo de calderas, dando a conocer cuáles fueron los objetivos de este módulo, qué es una caldera, los puntos que se automatizaron y cómo se realizó brevemente el proyecto.
 - ✓ Galería: Muestra fotografías del módulo de calderas y del cuarto de sólidos.
 - ✓ Contáctenos: Da un formulario de contacto para que los usuarios escriban cualquier duda o sugerencia.

Las pantallas de cada una de las páginas anteriores se pueden ver en el anexo

- **Barra lateral:** Es una barra que da otras funcionalidades al sitio.
 - ✓ Búsqueda: Permite que el usuario ingrese

- ✓ Logo UVG: Muestra el logo de la Universidad y es un link que redirecciona a la página oficial de esta institución educativa.
- ✓ Calendario: Muestra los días del mes en curso y sirve como un elemento estético.

Para extender las funcionalidades del sitio se procedió a la instalación de los siguientes plugins:

- Next Gen: Permite mostrar galerías
- Contact Form 7: Para realizar formularios para contáctenos
- Google Analytics for Wordpress: Indexa el sitio a Google Analytics para que hayan estadísticas del sitio.

Para indexar esta página al sitio web de la Universidad se procederá a pedirle autorización al encargado de la página de esta institución para que se suba un link que haga referencia a este sitio. Además si en algún momento la Universidad desea integrar este sitio web dentro de su página, se les dará una copia de los archivos actuales y de la base de datos y simplemente los tendría que subir a su servidor mediante un ftp, crear una base de datos MySQL y hacer la configuración respectiva.

VIII. DISCUSIÓN

En la etapa inicial del Megaproyecto el módulo de planificación, fue vital para la organización del grupo y establecer una calendarización que estuviera al alcance del mismo. Ciertamente cada persona fue importante para la consecución de objetivos globales y alcanzar la elaboración del proyecto.

Cada calendario que se iba realizando al principio de cada semestre sirvió para corroborar el avance de las metas y si no se cumplían en el semestre siguiente se debían hacer los ajustes correspondientes. En el caso de los módulos de caldera y de cuarto de sólidos en la primera parte el retraso de acuerdo al cronograma establecido era por falta de lineamientos en el diseño. Posteriormente en el segundo semestre se contempla que la mayoría de atraso se debe a que se tuvieron que rediseñar los procesos nuevamente y por lo tanto realizar las cotizaciones debidas. Esto se debió a que los productos cotizados superaban el presupuesto asignado.

En el caso del tercer semestre los atrasos principalmente se deben a que los proveedores principales de cada proyecto, Talleres Hernández para cuarto de sólidos y Davis Instruments para caldera, tuvieron atrasos que comprometían la ruta crítica del proyecto. Esto se debió en parte a que no se estimaron bien los tiempos de entrega desde la solicitud de equipo hasta la entrega del mismo. Por esta razón es importante realizar cálculos más realistas con base en estos datos institucionales.

El seguimiento que se dio al proceso de cotización fue importante para que los materiales y equipo requerido se adaptaran al presupuesto y parámetros de compra. Además mediante este procedimiento se pudo ejecutar la compra formal y así tener el equipo y comenzar a armar las instalaciones de acuerdo a los diseños que se establecieron.

La efectividad del proceso de las cotizaciones dentro de un proyecto de esta magnitud depende en gran parte de un diseño adecuado de lo que se quiere realizar. Es importante evidenciar que en el primer semestre todavía no se contaba con un diseño adecuado para la realización de cotizaciones. Esto no permitía la existencia de especificaciones de operación y parámetros de las condiciones ambientales, de la mayoría de equipos que se comenzó a cotizar a finales de noviembre. Además la falta de diagramas P&D y la falta de estructuración en el diseño de proceso dificultaba trasladar la información a los proveedores de lo que realmente se necesitaba.

La falta de diseño provocaba que los proveedores como Reset tuvieran que investigar más acerca de lo que se deseaba hacer, se programaban visitas para mostrar qué era lo que se quería. Como consecuencia se iban haciendo ajustes a la calendarización programada y como resultado todavía en abril se estaban cotizando sensores, pues no había especificaciones claras de los equipos requeridos.

La mayoría de proveedores que venden equipo para automatización ofrecen que su cotización estará en un par de días, pero la realidad es otra. Algunos proveedores en el transcurso de las cotizaciones realizadas para este Megaproyecto se tardaron hasta tres semanas para entregarlas. Por esta razón uno de los retos para conseguir las cotizaciones es el seguimiento que se les debe dar a las mismas.

No todos los proveedores a quién se les envíe una solicitud de cotización procederán a enviarla, por esta razón cuando se mantiene comunicación constante con el proveedor éste mostrará mayor interés para entregarla, tal como se pudo observar en el transcurso de las cotizaciones que se realizaron.

La media del tiempo de entrega de cotizaciones era menor, si a los proveedores se les llamaba por lo menos una vez cada cuatro días.

Luego que se tienen las cotizaciones es importante que se verifique la oferta con los requerimientos de diseño para considerar la cotización como potencial. Uno de esos requerimientos es que el equipo cotizado debe ser de marca americana, alemana o japonesa, ya que estos países son especialistas en producir estos equipos. Además después de la Segunda Guerra Mundial han implementado dentro de su cultura los sistemas de calidad y esto garantiza a la universidad productos más duraderos; en este mismo rumbo vale la pena resaltar que la universidad ha tenido mejores experiencias con los productos de esas marcas, por lo que se muestra mayor preferencia hacia estos.

Otro de los requerimientos del equipo cotizado que se deben verificar son los rangos de operación de los sensores, tipo de señal, a qué condiciones límite pueden estar sometidos, entre otros aspectos. Esto permitirá saber si el equipo se puede considerar como potencial oferta. Se pueden tener cotizaciones que se adapten al diseño, pero si el equipo no se adapta al presupuesto, el proceso se tiene que volver a rediseñar. Precisamente este fue el caso del Módulo de Cuarto de Sólidos que se tuvo que rediseñar tres veces, pues a pesar de que el equipo cumplía con las especificaciones, el precio de los demás equipos no se adaptaba al presupuesto que había sido destinado.

Cuando se rediseña un proceso causa mayores retrasos y el proceso de cotizaciones tiene que volver a comenzar. Esto fue la causa de que todavía en abril se cotizara el equipo para sólidos que faltaba. Otro ejemplo de esto fue en el módulo de calderas, pues se buscaron cotizaciones por más de cuatro meses equipos de análisis de gases de combustión, pero debido a que los precios que se tenían eran muy elevados, se tuvo que buscar un equipo que se adaptara mejor al presupuesto de la UVG y que fuera móvil. En este caso no se tuvo que

rediseñar todo el proceso, pero sí buscar un equipo que se adaptara mejor a las necesidades.

Luego que las distintas cotizaciones de los productos de equipos y sensores pasaron el requerimiento de presupuesto y la verificación de los requerimientos en base al diseño se procede a realizar una evaluación en cuanto a criterios de compra que para este Megaproyecto fueron precio, calidad y tiempo de entrega del producto.

En el caso del módulo de caldera la mayoría de sensores que se seleccionaron, fueron de la marca Davis Instruments. Ciertamente estos productos eran más baratos en comparación a los otros equipos de otras marcas, lo cual tenía mayor peso a la hora de tomar la decisión. Además se les dio una menor ponderación respecto a calidad, pues no estaban sobredimensionados en gran medida en comparación a los otros equipos. Esto sucede porque los sensores de esta marca son ideales para pequeñas aplicaciones tal como la que se está realizando en este proyecto. Además el aspecto de tiempo de entrega no se tomó mucho en cuenta en la ponderación y por eso es que los sensores de Davis Instruments no se vieron tan afectados a pesar de que el tiempo de entrega era casi el doble.

El haber seleccionado la mayoría de sensores de esta marca dio un ahorro de más de Q30,000, en el módulo de caldera, a la Universidad. Esto también permitió adaptarse en gran medida al presupuesto otorgado para esta cuarta fase de automatización, que en un principio se estableció que era de Q 200,000 para esta cuarta fase de automatización.

Respecto al módulo de cuarto de sólidos la selección de equipo fue más sencilla luego de que el diseño final fuera aprobado. Debido a que el diseño precisaba la construcción de tornillos sinfín verticales fue necesario buscar a un proveedor que hubiera realizado trabajos de índole similar en la Universidad. El

único fabricante que cumplía con este criterio era Talleres Hernández, por lo que el criterio de preferencia por proveedor fue lo más importante y se dejaron a un lado aspectos de precio y tiempo de entrega.

Los sensores de velocidad y capacitivos que se iban emplear en el módulo de cuarto de sólidos, si fueron evaluados por los criterios de precio, calidad y tiempo de entrega. Esto permitió observar que la mejor decisión era comprar sensores de velocidad de aire y los sensores capacitivos de la empresa Reset. Respecto a los equipos involucrados en el control como lo es el PLC, sus módulos y accesorios para la caja del panel, no fue necesario cotizar productos similares debido a que la Universidad tiene un convenio de precios y de licencia de software con Rockwell Automation, dueño de la marca Allen Bradley. Esto le permite a la Universidad disminuir en gran medida los costos, respecto a estos productos.

Después que se obtiene la aprobación de los equipos seleccionados es importante que se vuelva a realizar una nueva cotización de esos productos. Probablemente el rango de precio no varíe por más de 5% en el mismo año y si la divisa de donde se fabrica el producto no varía entre el tiempo que se hizo la nueva cotización y la anterior, el precio se mantendrá casi igual. Además tener las cotizaciones vigentes es una política del departamento de compras, para proceder a ejecutar la compra.

La realización de órdenes de compra y la ejecución de la misma no está al alcance de los miembros del Megaproyecto, pues son procedimientos internos de la Universidad. Sin embargo, es importante darle seguimiento a estas etapas, ya que pudieran existir inconvenientes que pueden alterar la planificación del proyecto. Precisamente esto vio en la compra de los sensores de Davis Instruments, pues se liberó la orden dos meses después que se hiciera la solicitud de compra por parte de los miembros del Megaproyecto. Esto también se pudo ver en el atraso de la orden de compra a Talleres Hernández, que se

hizo dos meses después de la solicitud. Esto sin lugar a dudas trajo consigo atrasos para la implementación del proyecto.

El seguimiento del despacho de la orden de compra es importante, pues los proveedores pudieran tener ciertos inconvenientes en atender la orden de compra a tiempo. Esto fue precisamente lo que pasó con Davis Instruments, pues tuvo un atraso de un mes debido a que la máquina que estaba produciendo el flujómetro de vapor se había dañado.

La realización de cada uno de los proyectos anteriores no tiene un retorno sobre inversión, ya que estos proyectos constituyen una ventaja competitiva en el mercado universitario.

Para la evaluación de los proyectos se procedió hacer una descripción de cada uno de los módulos, para poder ponderar cada criterio posteriormente y luego hacer un análisis de acuerdo a equipos similares a la industria o empleando otras opciones de diseño. Cada módulo que se está implementando es único, por lo que fue difícil encontrar productos que se asimilaran a lo que se está realizando.

Para la automatización de calderas se encontraron dos propuestas de equipo similar en la industria al proyecto que se está realizando. Estos productos fueron el Trimpack, de la empresa Micromod, y el segundo era el equipo Hawk 500 de la empresa Cleaver Brooks. Esos equipos, son ideales para incrementar la eficiencia de la caldera en más de 5% y para caldera de gran tamaño.

En el caso del producto de la empresa Micromod, es una especie de controlador que tiene pocas entradas y salidas. Para la adquisición de los sensores y el variador para este controlador, se consideró los que se habían seleccionado para el proyecto de calderas, ya que cumplen con la mejor ponderación en base a precio, calidad y tiempo de entrega. La cantidad de

sensores que utiliza es poca en comparación al proyecto que se está implementando, además cuenta con muy pocas opciones de configuración, lo cual no permite poder monitorear cada parámetro que se debía cumplir. Sin embargo, cumple el objetivo principal del proyecto que es poder obtener la eficiencia de la caldera.

El costo de la implementación del Trimpack, sería la más barata, sin embargo debido a que no cumple con todos los objetivos del proyecto y criterios de ponderación, no hubiera sido justificable la adquisición de esta opción.

El producto para control de calderas de Cleaver Brooks, tiene gran versatilidad para el control de la caldera y tiene bastantes opciones adicionales al Trimpack, para monitorear distintos parámetros de la caldera e incrementar su eficiencia, arriba de un 5%. Algunas opciones adicionales que tiene este sistema en comparación a las otras dos propuestas es que tiene un economizador de agua de alimentación, tiene también un economizador de gases de combustión, un control maestro de nivel, software de control remoto, entre otras opciones. Lo cual hace que sea un sistema muy útil cuando se monitorean múltiples calderas y de gran capacidad. Este sistema ya trae consigo los sensores, que están integrados a un PLC únicamente se deben hacer las instalaciones correspondientes para que funcione adecuadamente.

El sistema Hawk es el sistema más caro de las tres propuestas que se presentaron y a pesar de que tiene muchas funcionalidades adicionales, no obtuvo la ponderación más alta en todos los aspectos, porque no cumplía a cabalidad los requisitos del proyecto.

En el caso de la propuesta actual de automatización que se está llevando a cabo, está más orientada al monitoreo de parámetros y que se obtenga la eficiencia por dos métodos. Además cumple con los requerimientos del proyecto, pues fue diseñado específicamente para esto. Este sistema está

siendo realizado por estudiantes de la UVG, lo cual también le dio mayor peso a la hora de tomar la decisión. Respecto a los costos, se ubica en la segunda posición y tiene pocas funcionalidades adicionales a los establecidos por las directrices del proyecto. Sin embargo, acorde al criterio de ponderación este fue la propuesta que salió favorecida al obtener mayor ponderación en los aspectos combinados tal como se puede ver en la Tabla 16.

Quizás como una segunda fase a este proyecto sea la automatización de la caldera, o cual permitiría incrementar la eficiencia de la caldera, por lo que será posible disminuir costos en el uso de biodiesel y disminuir las emisiones de gases de combustión.

Respecto a los costos de implementación de este proyecto fueron Q 170,046.32, tal como se observa en la Tabla 18. Es importante mencionar que los costos que inquirió la UVG, no son del todo precisas a nivel industrial, ya que los costos serían más altos en relación a material y mano de obra. En el caso del equipo de Allen Bradley sería aproximadamente 2.5 veces más caro. Además respecto a la mano de obra directa, se consideraría el trabajo ingenieril que implica diseño y programación; con respecto a las instalaciones sería más caro porque se considera las horas-hombre total para realizarlas, ya que actualmente las instalaciones están siendo realizadas por estudiantes que no tienen remuneración económica. Con el aspecto de mano de obra indirecta un supervisor para este trabajo cobraría más y adicionalmente se tendría que contratar a una persona que se dedique a llevar todo el proceso de compra, durante aproximadamente cinco meses. El precio de esta propuesta es de Q257,045.34, acorde a la Tabla 30 y sería lo que la Universidad le costaría más impuestos, si este proyecto se realizara en un entorno industrial.

En asuntos de ahorros la implementación del proyecto de automatización de caleras actual frente a la alternativa del Hawk 5000 trajo ahorros de más de

Q 193,600, mientras que se reflejaron ahorros de Q 87,000 o 33.85 % respecto a la implementación del proyecto actual en una industria.

Para la UVG, la depreciación de los sensores y equipo de Megaproyecto se da únicamente después que se finaliza el proyecto o si el producto se compró bajo otro rubro. En el caso del equipo de calderas el equipo más caro, el analizado de gases de marca Bacharach, se compró bajo una cuenta llamada Equipo General, por lo que comenzó a depreciarse a partir de mayo, fecha en que se facturó. Además se contaba en bodega con un analizador de conductividad que se adquirió el año pasado.

En el caso de la automatización del cuarto de sólidos se consideraron únicamente para la evaluación del análisis de costos diferentes propuestas de diseño respecto al control del flujo de granos y almacenamiento de granos, debido a que no había equipo similar en la industria que cumpliera con los requerimientos del proyecto y los costos incurridos en los otros rubros serían similares, los cuales no eran determinantes respecto a lo económico. Una de las condiciones básicas para este proyecto era que se debía trabajar con el equipo ya instalado dentro del cuarto de sólidos, como lo era el transportador de tornillos, transportador neumático, silos y ciclón. Además debía modificarse el equipo instalado para que el flujo fuera continuo.

Dos de las propuestas presentadas en la sección 3.3.3, fueron rechazadas en el transcurso de este módulo, las cuales fueron la que empleaba sensores de flujo y la otra que tenía celdas de carga. En el caso de estas dos propuestas presentan versatilidad y precisión para el control del flujo, siendo la más cara de ellas la que comprende sensores de flujo, debido a que este es un equipo muy especializado que sólo se fabrica bajo pedido. La propuesta con celdas fue la segunda opción que tuvo más ponderación de acuerdo a la Tabla 35 y debido a que el precio era casi 1.7 veces mayor en comparación a la propuesta actual de tornillos sinfín verticales fue descartada, por esta razón la

ponderación de si está dentro del presupuesto tiene el peso mayor dentro de la toma de decisiones.

Otra opción que también se consideró para hacer la evaluación de este proyecto fue el diseño con contadores de semillas, de manera que se tenga una curva de peso contra el tiempo. Debido a que para este proyecto se necesitaría de una contadora de granos muy especializada que pudiera ser controlada por computadora, los precios de esa máquina eran muy elevados, por esta razón esta propuesta resultó ser la más cara de las cuatro propuestas analizadas.

En el caso de la propuesta que se está implementando actualmente, cuenta con la utilización de tres tornillos verticales sinfín, los cuales a su vez sirven como una especie de electroválvula. Además este sistema cuenta con sensores capacitivos de nivel bajo y alto en cada silo, para que se pida grano cuando sea necesario. La medición del flujo de este sistema no será del todo programable, pero si se adaptará a una curva de flujo contra velocidad del movimiento del grano. Sin embargo, se adapta muy bien a los objetivos del proyecto. La condicionante del precio de esta opción fue determinante para la toma de decisión, pero en la Tabla 35 se puede notar que apenas tiene una leve mayor ponderación de 0.075, en comparación de la propuesta de celdas de carga.

La implementación del proyecto actual para la automatización del cuarto de sólidos, respecto al control del flujo de granos y sistema de almacenaje, en comparación a la propuesta de celdas de cargas trajo un ahorro de Q 46,557.43; en comparación a la propuesta de sensores de flujo trajo un ahorro de Q117,818.00 y con respecto a la contadora de semillas se muestra un ahorro de Q 125,704.85

Ahora bien respecto a los costos que se incurrieron para la implementación de este proyecto fueron Q 107,437.01, tal como se observa en la Tabla 37. Al

igual que cuando se discutió acerca de los costos del módulo de caldera, los costos del módulo de automatización del cuarto de sólidos serían más grandes debido a que se tendría un costo mayor respecto a material y mano de obra. En tabla 42 que implementar este proyecto a nivel industrial hubiera costado Q 209,222.66, lo cual implica que la realización del proyecto actual trajo ahorros de Q 101,785.65 o 48.65%, en comparación a la industria.

La plataforma que se seleccionó para realizar el sitio web fue el CMS Wordpress para que el contenido del sitio sea administrado sin la necesidad de tener muchos conocimientos sobre programación y además se tenga la versatilidad de interacción con los diferentes usuarios, mediante las funcionalidades de blog que ofrece esta plataforma.

Uno de los puntos importantes cuando se elabora un sitio web es el diseño, pues esto capta la atención de los usuarios y permite que ellos puedan navegar a través del sitio de la forma más intuitiva. Precisamente se buscó un diseño que fuera gratuito y que tuvieran esas características, pues los diseños profesionales maquetados en Wordpress, cuestan arriba de Q500 y no se contaba con dicho presupuesto. En el mundo web se encuentran miles de plantillas para Wordpress, lo cual permite que esta plataforma sea muy ventajosa para las personas que no tienen todos los conocimientos de programación para realizar una página. Respecto al diseño se encontró uno que cumplía con las expectativas, pero se tuvieron que hacer algunas modificaciones para reflejar el objetivo del sitio web que era dar información respecto a este Megaproyecto y al mismo tiempo ser un medio de publicidad para la Universidad.

Para que el sitio web fuera recordado y que se pudiera acceder a éste fácilmente se procedió a comprar un dominio que fuera rápido de escribir. Además el dominio que se escogió tiene la terminación .net porque no se quería dar la imagen de ser un sitio comercial como los dominios con terminación .com.

Este dominio contará con la duración de un año, por lo que es necesario renovarlo cada año, para tener derecho a usar ese nombre.

Una de las ventajas de los sitios web es que permiten presentar bastante contenido e imágenes de manera organizada, lo cual permite trasladar la información de una forma más versátil y en el caso de un blog como Wordpress, permite que los usuarios adicionalmente puedan comentar en el sitio, lo cual otorga mayor retroalimentación, para el administrador del sitio.

Para extender las funcionalidades del sitio web se emplearon plugins gratuitos para el formulario de contacto, para el uso de galerías y para el uso de estadísticas web. Esto permite que el sitio otorgue una mejor interacción con el usuario. El uso del plugin para estadísticas permitirá conocer cuántos usuarios y de qué países han visitado la página en determinado período de tiempo y también se conocerán otras métricas importantes para determinar el posicionamiento del sitio en la web.

En caso que la Universidad deseara incorporar este sitio dentro de página oficial se haría una copia de los archivos correspondientes, así como el backup del código de la base de datos MySql empleada para la plataforma. Luego un administrador del servidor de la página de la Universidad tendría que subir los archivos, crear la base de datos MySql y hacer las configuraciones respectivas para migrar el sitio Wordpress a un nuevo servidor. Por el momento sólo se contempla la indexación de esta propuesta mediante un link en el sitio web de la Universidad.

IX. CONCLUSIONES

- Se realizó una calendarización de actividades y de asignación de tareas a lo largo de los tres semestres que permitieron llevar un control del avance del proyecto.
- Mediante la experiencia adquirida en el desarrollo de este proyecto se elaboró una propuesta para realizar cotizaciones para la compra de equipo de futuras automatizaciones en la UVG.
- Cuando se hacen cotizaciones para compra de equipo de automatización, es importante que se de seguimiento a las mismas para que los proveedores atiendan a la solicitud, lo que permite que el rango de días en recibir la cotización no se alargue.
- Se elaboró un análisis de costo-beneficio para los módulos de caldera y de cuarto de sólidos y se determinó que las propuestas implementadas eran las mejores ponderadas respecto a otras alternativas presentadas en el mercado.
- Los costos incurridos en el módulo de caldera ascendieron a Q170 mil, mientras que el del módulo de cuarto de sólidos fueron de Q107 mil.
- Se elaboró un sitio web con una plataforma de código para divulgar información del proyecto a través de internet.

X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer un diseño adecuado del proceso, hacer planos P&D y dar especificaciones claras del equipo que se requiere para automatizar, de tal forma que los proveedores oferten el producto que mejor se adapte a las necesidades.
- Instituir comunicación con el Departamento de Compras para verificar cómo va el proceso de ejecución de compra y el despacho de pedido, para que los productos requeridos tarden menos en llegar a su destino
- Hacer proyecciones de presupuesto para ir estimando el costo del diseño y de esa forma rediseñar el proceso lo más pronto posible.
- Se debe realizar mantenimiento preventivo a los sensores, motores y variadores para que el equipos se mantenga en óptimas condiciones

XI. BIBLIOGRAFÍA

[1] ALNICOLSA del Perú S.A.C. *Tornillos sin Fin*. ALNICOLSA del Perú S.A.C. Año 2011. [En línea].

Disponible en URL: <http://taninos.tripod.com/tornillo.html>

[2] Apuntes de Electrónica II. *Variadores de Frecuencia*. Universidad Tecnológica Nacional.

Facultad Regional Avellaneda. Avellaneda, Argentina. [En línea]. Disponible en URL:

http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planes_tudio/quint

[onivel/electronicall/apuntes/variadores_de_frecuencia.pdf](http://www.fra.utn.edu.ar/download/carreras/ingenierias/electrica/materias/planes_tudio/quint/nivel/electronicall/apuntes/variadores_de_frecuencia.pdf)

[3] Bozuto, A. M. *Introducción a los Controladores Lógicos Programables*.

[4] Bucknell University. (2009). *Temperature Sensor- The Thermocouple*.

Obtenido de Bucknell University:

<http://www.fascstaff.bucknell.edu/mastascu/elessonsHTML/Sensors/TempThermCpl.html>

[5] Campero, E. B. (1995). *Instalaciones Eléctricas*, 2da Edición. México:

Alfaomega Grupo Editor.

[6] Creus Solé, A. (2006). *Instrumentación Industrial*, Séptima Edición. México:

Alfaomega.

[7] Girón, Otto. 2009. *“Automatización de la Torre de Absorción en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, Universidad del Valle de Guatemala”*. Revista de la

Universidad del Valle de Guatemala. Publicación No. 19, Agosto.

[8] Jimenez, Luis. 2008. *«Eficiencia de caldera Trabajo de Graduación*

Universidad del Valle de Guatemala. 70 págs.

[9] Molinos Pulverizadores J.A. *Ingeniería de Reducción de Partículas. Técnica de Molienda*. Bogotá, Colombia. [En línea]. Disponible en URL:

<http://www.molinospulverizadores.com/tecnicasdemolienda.htm>

[10] Peña, A. 2007 «*Estudio Para La Reducción De Los Costos De Producción Mediante La Automatización De Los Finales De Línea De La Planta Dressing En La Empresa Unilever Andina Colombia Ltda.* »160 pp

[11] Perry, Robert y D. Green. 2001. *Manual del Ingeniero Químico*. México, McGraw Hill. 2582 págs.

[12] Treybal, Robert E. 1988. *Operaciones de Transferencia de Masa*. 2ª. ed. México, McGraw-Hill. 858 págs.

XII. APÉNDICE

Anexo 1 Atrasos de proveedores de equipo y sensores para la automatización

Proveedor	Fecha de pedido	Fecha que llega a Universidad	Retraso en días
Reset	26/06/2011	24/08/2011	24
Praisa	26/06/2011	10/08/2011	10
Esinsa	26/06/2011	25/07/2011	9
Davis Instruments	26/06/2011	9/11/2011	91
Intek	05/09/2011	10/10/2011	5
OEG	05/09/2011	19/09/2011	0
Prosain	26/06/2011	20/09/2011	10
Talleres Hernández	18/08/2011	04/11/2011	38

Anexo 2. Cotizaciones del módulo de calderas que se recibieron

A continuación se muestra una descripción de las cotizaciones de las empresas que si atendieron a las solicitudes, con sus respectivas fechas de petición y fechas en que se recibieron dichas cotizaciones y además se indica si se les dio seguimiento constante por teléfono, lo cual indica que se les llamaba por lo menos una vez cada tres días.

Proveedor	Cotización que se pidió	Fecha de petición de cotización	Fecha de recepción de cotización	Tiempo de espera	Comunicación constante, por teléfono
Reset	Sensores para caldera, con excepción de medidor de vapor y gases de combustión	29/11/2010	12/12/2011	13	Sí
	Flujómetro de vapor	01/4/211	28/4/2011	24	No
	Sensor de temperatura para agua	1/4/2011	07/4/211	6	No
	Recotizaciones de sensor de velocidad	16/06/2011	23/06/2011	7	Sí
ECN	Sensores para calderas	15/12/2010	4/1/2011	20	No
Tecnología Industrial	Sensores para calderas	22/11/2010	15/12/2010	22	No
LsFlex	Sensores para calderas	3/1/2011	10/1/2011	7	Sí
Prisa	Flujometro para agua	5/4/2011	8/4/2011	3	Sí
	Flujometro para vapor	8/4/2011	28/4/2011	20	No
DiLab	Sensor de Flujo	03/03/2011	07/03/2011	4	Sí
Davis Instruments	Flujómetro para agua	28/3/2011	5/4/2011	8	No
	Sensores para caldera	16/6/2011	20/6/2011	4	Sí
	Sensores para caldera	19/07/2011	28/07/2011	9	No

Anexo 3. Precio de sensores y equipo cotizado de caldera

Equipo	Cantidad	Empresa	Precio Unitario	Precio Total
Sensor de temperatura termopar superficie caldera	4	ECN	Q2,958.75	Q11,835.00
		Reset	Q4,339.50	Q17,358.00
		LSFlex	Q1,700.00	Q6,800.00
		Tecnología Industrial	Q11,835.00	Q47,340.00
		Davis Instruments	Q461.57	Q1,846.26
Sensor de temperatura(chimenea e interna de la caldera)	1	ECN	Q4,134.36	Q4,134.36
		Reset	Q1,617.45	Q1,617.45
		Tecnología Industrial	Q11,835.00	Q11,835.00
		Davis Instruments	Q365.70	Q365.70
Sensor de temperatura para agua	1	ECN	Q2,769.39	Q2,769.39
		Reset	Q1,973.05	Q1,973.05
		LSFlex	Q1,700.00	Q1,700.00
		Tecnología Industrial	Q11,835.00	Q11,835.00
		Davis Instruments	Q809.51	Q809.51
Transmisor de presión para medir presión interna	1	ECN	Q6,469.80	Q6,469.80
		Reset	Q7,408.71	Q7,408.71
		Tecnología Industrial	Q23,670.00	Q23,670.00
		Davis Instruments	Q1,370.49	Q1,370.49
Sensor para nivel de diesel	2	Reset	Q8,284.50	Q16,569.00
		LSFlex	Q15,000.00	Q30,000.00
		Davis Instruments	Q3,870.05	Q7,740.09
Medidor de Nivel en tanque de drenado	1	ECN	Q9,862.50	Q9,862.50
		Reset	Q4,513.08	Q4,513.08
		Tecnología Industrial	Q4,300.00	Q4,300.00
		Davis Instruments	Q3,870.05	Q3,870.05
Medidor de flujo de agua	1	ECN	Q14,710.91	Q14,710.91
		LSFlex	Q20,000.00	Q20,000.00
		Tecnología Industrial	Q17,752.50	Q17,752.50
		Praisa	Q9,823.05	Q9,823.05

Equipo	Cantidad	Empresa	Precio Unitario	Precio Total
Sensor de velocidad de aire de caldera	1	Reset	Q4,950.00	Q4,950.00
		DiLab	Q7,990.00	Q7,990.00
		Davis Instruments	5704.47	Q5,704.47
Sensor para flujo de vapor	1	Praisa	Q30,534.30	Q30,534.30
		Reset	Q32,845.00	Q32,845.00
		Davis instruments	Q24,427.44	Q24,427.44
Sirenas	1	Alarmas de Guatemala	Q590.00	Q590.00
		Krypton Security	Q4,335.00	Q4,335.00
		G4S	Q1,500.00	Q1,500.00

Anexo 4: Materiales de caldera

Todos los precios no incluyen IVA

Sensores y equipo

Item	Cantidad	Equipo	Proveedor	Precio unitarioQ	Total Q
1	2	Paquetes de termocoplas adhesivas	Davis Instruments	Q461.57	Q923.13
2	1	Termocopla de niple 1/4"	Davis Instruments	Q365.70	Q365.70
3	1	Termocopla niple de 3/4" y 6" L	Davis Instruments	Q809.51	Q809.51
4	1	Transmisor de presión	Davis Instruments	Q1,370.49	Q1,370.49
5	3	Sensor de presión diferencial	Davis Instruments	Q3,870.05	Q11,610.14
6	1	Medidor de flujo de agua	Praisa	Q9,823.05	Q9,823.05
7	1	Analizador de conductividad	Reset	Q13,095.54	Q13,095.54
8	1	Analizador de Flujo de vapor	Davis Instruments	Q24,427.44	Q24,427.44
9	1	Sirena	Alarmas de Guatemala	Q590.00	Q590.00
10	1	Sensor de velocidad de aire	Reset	Q4,950.00	Q4,950.00
11	1	PLC Micrologix 1100	Intek	Q1,810.47	Q1,810.47
12	2	Modulos de 4 entradas analogicos	Intek	Q1,135.55	Q2,271.10
13	1	Módulo 4 entrdas termocopla (son 2 y uno ya esta en la u)	Intek	Q1,138.00	Q1,138.00
14	1	Modulo Termocla	Intek	Q1,596.64	Q1,596.64
15	1	Analizador de gases de combustión	Bacharach	Q59,709.15	Q59,709.15
Subtotal					Q134,490.37

Cables y accesorios

Item	Cantidad	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Total
1	80	Mts de cable negro No. 18	Oeg	Q1.95	Q139.29
2	80	Mts de cable rojo No. 18	Oeg	Q1.95	Q139.29
3	80	Mts de cable azul No. 18	Oeg	Q1.95	Q139.29
4	40	Mts de cable verde No. 18	Oeg	Q1.95	Q69.64
5	20	Mts de cable blanco No. 18	Oeg	Q1.95	Q34.82
6	197	Pies cable de Belden 18 AWG	OEG	Q3.45	Q606.83
7	1	Flippon de 1 X 110 Vac 5 Amp para caja Electrix	Oeg	Q67.80	Q60.54
8	20	Metros de cable Tsj 3 X14	Oeg	Q26.76	Q477.94
10	1	Dispensador de números 0-9 para etiquetar	Oeg	Q106.00	Q94.64
11	5	Cintas de aislar	Oeg	Q23.06	Q102.95
12	99	Pies de cable para termocopla	Intek	Q37.42	Q3,307.66
Subtotal					Q5,172.88

Gabinete y accesorios

Item	Cantidad	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Total
1	1	Caja para PLC de 800*1200*300mm	Esinsa	Q2,150.00	Q1,919.64
2	40	Borneras de 4 Mm	Intek	Q4.10	Q146.43
3	30	Borneras de 4 Mm doble piso	Intek	Q14.40	Q385.71
4	6	Borneras tierra de 4 Mm	Intek	Q18.96	Q101.57
5	10	Tapadera para bornera doble piso 4 Mm	Intek	Q4.75	Q42.41
6	10	Tapadera para bornera 4 Mm	Intek	Q2.05	Q18.30
7	1	Breaker 3 Amp de 1 polo	Intek	Q93.18	Q83.20
8	1	Breaker 2 Amp de 1 polo	Intek	Q93.18	Q83.20
9	10	Juego puentes Jumper para 4 Mm	Intek	Q15.75	Q140.63
10	8	Mts de canaleta ranurada de 40 Mm X 60 Mm para panel con tapadera	Oeg	Q75.00	Q535.71
11	25	Topes plásticos para Riel Din 35 Mm	Intek	Q5.50	Q122.77
12	1	Fuente de poder de 125 W 110 Vac A 24 Vdc	Intek	Q1,658.77	Q1,481.04
13	1	Relé bobina 24 Vdc, contacto seco 110 Vac	Intek	Q77.53	Q69.22
	0.50	Libra de remaches	Ferretería Tucán	Q26.00	Q11.61
Subtotal					Q5,141.45

Tubería y accesorios

Item	Cantidad	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Total
1	41	Tubos Emt de 1/2" de diámetro y 3 Mts de logitud	Oeg	Q24.79	Q907.49
2	5	Caja Condulet T de 1/2"	Oeg	Q12.25	Q54.69
3	5	Caja Condulet C de 1/2"	Oeg	Q12.25	Q54.69
4	7	Caja Condulet LI de 1/2"	Oeg	Q12.25	Q76.56
5	10	Caja Condulet Lr de 1/2"	Oeg	Q12.25	Q109.38
6	6	Caja Condulet Lb de 1/2"	Oeg	Q12.25	Q65.63
7	50	Abrazadera Hangler de 1/2"	Oeg	Q1.05	Q46.88
8	50	Tarugos de 1/4" para concreto	Oeg	Q0.30	Q13.39
9	50	Tornillos para tarugo de 1/4"	Oeg	Q0.30	Q13.39
10	40	Conectores de Emt a conduleta de 1/2"	Oeg	Q2.50	Q89.29
11	16	Adaptador roscado para tubo flexible de 1/2"	Oeg	Q2.50	Q35.71
12	15	Adaptador roscado de flex a conduleta De 1/2"	Oeg	Q6.15	Q82.37
13	10	Conectores tipo Niple para tubo Emt De 1/2"	Oeg	Q2.50	Q22.32
14	8	Mts Flexible Alma de acero 1/2"	Oeg	Q14.56	Q104.02
15	4	Tee H.galvanizado 150-Lbs rosca-Npt 1/2	Corpovalgua	Q7.91	Q28.25
16	8	Reductor Bushing H. galvanizado 150-Lbs rosca-Npt 1/2" A 1/4"	Corpovalgua	Q6.30	Q45.00
17	2	Niple Hg C-40 Astm-A53 Ga Erw 3/4" X 6"	Corpovalgua	Q16.90	Q30.18
18	1	Tee H.Galvanizado 150-Lbs Rosca-Npt 3/4"	Corpovalgua	Q16.70	Q14.91
19	2	Red Bushing hierro-negro 150Swp 300Wog rosca-Npt 1/2" a 1/4"	Corpovalgua	Q6.72	Q12.00
20	2	Tee hierro-negro 150Swp 300Wog rosca-Npt 1/2"	Corpovalgua	Q9.50	Q16.96
21	1	Sifon Ac.Carbon Sch-40 150Swp Astm-A106 Gb S/C rosca-Npt 1/4"	Corpovalgua	Q78.60	Q70.18
22	2	Copla hierro-negro 150Swp 300Wog rosca-Npt 1/4"Í	Corpovalgua	Q5.26	Q9.39
23	4	Reductor Bushing H.galvanizado 150-Lbs rosca-Npt 1" X 3/4"	Corpovalgua	Q12.40	Q44.29
24	2	Tee H.galvanizado 150-Lbs rosca-Npt 1"	Corpovalgua	Q23.40	Q41.79
25	2	Flange Slip-On Ac.Carbon Sch-40 150Swp Astm-A105-Rf 2"Í	Corpovalgua	Q96.75	Q172.77
26	3	Tubo cuadrado Hn de 1" X 1" X 6 Mts	Corpovalgua	Q145.60	Q390.00
27	8	Tornillos para Flange de 2"	Corpovalgua	Q16.40	Q117.14

Item	Cantidad	Descripción	Proveedor	PrecioUnitario	Total
28	2	Empaque Para Flange De 2"	Corpovalgua	Q35.00	Q62.50
29	12	Electrodos para soldadura	Distribuidora Acuario	Q0.58	Q6.25
Subtotal					Q2,737.40

Pintura y otros

Item	Cantidad	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Total
1	2	Galones de pintura epoxica	La Paleta	Q645.70	Q1,153.04
2	1.00	Libras de whipe	Ferretería Tucán	Q5.00	Q4.46
3	1	Galón de thiner	Ferretería Tucán	Q52.00	Q46.43
Subtotal					Q1,203.93

Anexo 5: Materiales del módulo de cuarto de sólidos

Equipo y sensores

Cantidad	Equipo	Proveedor	Precio unitario	Total
3	Tornillos sin fin(Incluye 1 motor de 1 hp trifásico)	Talleres Hernández	Q15,200.00	Q45,600.00
4	Variadores de 1 hp para los tornillos sin fin y uno para el transportador de tornillos	Intek	Q2,400.00	Q9,600.00
2	Sensores de velocidad de Aire	Reset	Q4,950.00	Q9,900.00
1	Motor de 1750 rpm trifásico de 3/4 hp	Prosain	Q1,200.00	Q1,200.00
1	PLC Micrologix 1100	Intek	Q2,027.73	Q2,027.73
2	Modulos de salida analogica 4 canales	Intek	Q1,034.85	Q2,069.70
1	Modulo de entrada analogica 4 canales	Intek	Q1,135.55	Q1,135.55
1	Modulo de entrada digital 8 DI 24VDC	Intek	Q540.00	Q540.00
6	Sensores de nivel capacitivos TURCK	Reset	Q1,298.00	Q7,788.00
Total Con IVA (12 %)				Q79,860.98
Total Sin IVA				Q71,304.45

Todos los demás precios no incluyen IVA

Estructura

Item	Cantidad	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Total
1	1	Silo	Talleres Hernández	Q 1,428.57	Q 1,428.57
2		Modificacion de alturas	Talleres Hernández	Q 3,035.71	Q 3,035.71
Subtotal					Q 4,464.29

Accesorios y Tubería

Cantidad	Descripcion	proveedor	Precio	Total
30	mts de cable negro no. 18	OEG	1.95	58.5
30	mts de cable rojo no. 18	OEG	1.95	58.5
24	mts de cable azul no. 18	OEG	1.95	46.8
20	mts de cable verde no. 18	OEG	1.95	39
30	mts de cable blindado en par para 4-20 ma belden calibre no.18	OEG	11.316	339.48
100	mts de cable tsj de 3x14	OEG	8.16	816
4	flippones de 3 x 240 vac de 10 amp para centro carga electrix	OEG	258.79	1035.16
1	flippon de 1 x 110 vac de 5 amp para centro carga electrix	OEG	67.8	67.8
3	tubos emt de 2" de diametro y 3 mts de logitud	OEG	114.7	344.1
5	conectores tipo niple para tubo emt de 2"	OEG	13	65
2	caja condule lb de 2"	OEG	13.19	26.38
1	caja condule ll de 2"	OEG	80	80
1	caja condule lr de 2"	OEG	80	80
6	tubos emt de 1" de diametro y 3 mts de logitud	OEG	51.93	311.58
5	caja condulet t de 1"	OEG	17.69	88.45
5	caja condulet lb de 1"	OEG	17.69	88.45
5	caja condulet ll de 1"	OEG	17.69	88.45
5	caja condulet lr de 1"	OEG	17.69	88.45
25	abrazadera hangler de 1"	OEG	1.35	33.75
5	riel din de aluminio de 35mm para panel de control.	INTEK	26.93	134.65
10	conectores tipo niple para tubo emt de 1"	OEG	3.75	37.5
20	adaptadores emt a condulet roscado para 1"	OEG	3.75	75
10	adaptadores emt a condulet roscado para 2"	OEG	13.19	131.9
15	reducidores roscados bushing de 1" a 1/2"	OEG	16.9	253.5

Cantidad	Descripcion	proveedor	Precio	Total
15	adaptadores roscado para tubo flexible de 1/2"	OEG	2.5	37.5
9	mts flexible alma de acero 1/2" de diametro	OEG	14.5632	131.0688
10	abrazadera hangler de 2"	OEG	3.06	30.6
30	tarugos de 1/4" para concreto	OEG	0.3	9
30	tornillos para tarugo de 1/4"	OEG	0.3	9
1	paquete de números del 1-9 para etiquetar	OEG	106	106
40	borneras de 4 mm sin fusible	INTEK	4.1	164
40	borneras de 4 mm doble piso	INTEK	14.4	576
10	borneras de 6mm	INTEK	5.75	57.5
3	borneras de tierra 6mm	INTEK	20.55	61.65
5	borneras de tierra 4 mm	INTEK	18.96	94.8
1	breaker 3 amp	INTEK	93.18	93.18
1	breaker 2 amp	INTEK	93.18	93.18
10	juego de puentes jumper para 4 mm	INTEK	15.75	157.5
12	juegos de puentes jumper para 6 mm	INTEK	18.75	225
5	mts de canaleta ranurada de 40 mm x 60 mm para panel con tapadera	OEG	75	375
25	topes plasticos para riel din 35 mm	INTEK	5.5	137.5
10	tapaderas para bornera general	INTEK	2.05	20.5
10	tapaderas bornera doble piso		4.75	47.5
3	cintas de aislar	OEG	23.06	69.18
1	ventilador de 115 v	INTEK	1441.8	1441.8
1	rejillas para caja de plc	INTEK	320.41	320.41
10	mts de cable para modubus rtu belden	INTEK		0
20	mts de cable utp para ethernet con conectores	INTEK		0
40	mts cable red local categoria 5 entorchado 4 par	OEG	3.17	126.8
2.00	mts manguera anillada color negra 6"	MISA	Q 268.00	536
2.00	mts manguera anillada color negra 4"	MISA	Q 155.00	310
1.00	abrazadera 6"	MISA	Q 15.00	15
1.00	abrazadera 4"	MISA	Q 12.00	12
TOTAL CON IVA				9646.069

Pintura

Item	Cantidad	Descripcion	Proveedor	Precio unitario	Total
1	1	Libra de whipe	Ferretería Tucán	Q 4.46	Q 4.46
2	1	Galón de thiner	Ferretería Tucán	Q 46.43	Q 46.43
3	2	Galones de pintura epoxica	La Paleta	Q 576.52	Q 1,153.04
Subtotal					Q 1,203.93

Anexo 6: Pantallas del sitio web

Página: Inicio

Megaproyectos UVG

INICIO
EXPERIENCIAS
AUTOMATIZACIÓN »
GALERÍA
CONTÁCTENOS



Megaproyecto
Los Megaproyectos son otra modalidad de graduación en la Universidad del Valle de Guatemala [More »](#)

Megaproyectos: Cuarta fase de Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias

Los Megaproyectos son una alternativa que la Universidad del Valle ha proporcionado para la graduación de los estudiantes en lugar de realizar tesis y práctica profesional. Estos proyectos han impactado grandemente a la comunidad estudiantil y a los involucrados en el desarrollo de los mismos. Uno de esos Megaproyectos es la Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias en su Cuarta Fase, el cual está siendo realizado por estudiantes de Ingeniería Electrónica, Química e Industrial y asesorados por un Ingeniero profesional para que puedan desarrollar mediante una serie de pasos la automatización de maquinaria industrial.

La serie de proyectos de automatización que se están realizando en el Laboratorio de Operaciones Unitarias permitirán que los estudiantes que hacen uso de estas instalaciones puedan obtener datos de una manera más rápida para sus prácticas y a los encargados del laboratorio les permitirá monitorear en todo tiempo el funcionamiento del equipo y garantizar la seguridad dentro de las instalaciones. Además los estudiantes entrarán en contacto con una tecnología similar a la que se maneja dentro de la industria por lo que cuando entren en el mercado laboral estarán más familiarizados con el equipo.

Este Megaproyecto está dividido en dos partes que se están llevando en paralelo:

- [Automatización del cuarto de manejo de sólidos](#)
- [Automatización de la Caldera](#)

BÚSQUEDA



CALENDARIO

OCTOBER 2011

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ADMINISTRACIÓN

- ▶ [Log in](#)
- ▶ [Entries RSS](#)
- ▶ [Comments RSS](#)
- ▶ [WordPress.org](#)

© 2011 [Megaproyectos UVG](#). All Rights Reserved.

Powered by WordPress | Designed by: [WordPress Themes](#) | Thanks to 2011 [Taylor Swift Tour](#), [Dallas Mavericks Tickets](#) and [War Horse Broadway](#)


Página: Experiencias

Megaproyectos UVG

INICIO
EXPERIENCIAS
AUTOMATIZACIÓN »
GALERÍA
CONTÁCTENOS

Experiencias


A continuación se cuentan las experiencias de las personas que estuvieron involucradas en la Cuarta Fase de Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias.



"Los Megaproyectos enfocados en automatización son muy interesantes pues se ejecuta un montaje similar al que día a día se hace en la industria es decir no es una simulación más es un proyecto industrial real, enmarca todas las actividades relacionadas para llevar con éxito el objetivo trazado, generación de la idea, evaluación del resultado que se desea, planificación de actividades, escogencia de materiales y equipos, realización de planos de diseño, montaje, control, evaluación de recursos como lo son humanos, económicos, tiempos, especialidades de cada carrera como lo es planificación, proceso, electrónica, etc.


La puesta en marcha refleja la condición del esfuerzo y dedicación que se hizo en la planificación del mismo, se torna estresante pues a pesar de la buena planificación y horas que se emplean en cada detalle siempre falta algo, siempre un proveedor se retrasa, la importación no llega a tiempo, etc., más una gran cantidad de variables reales de montaje y operación aparecen y exige del grupo ejecutor su mejor esfuerzo, capacidad e ideas para que el proyecto funcione lo que se traduce en experiencia profesional que es el fin último de la carrera que estudian."

Ing. Jorge Muñoz, asesor de Megaproyecto



"La automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias me ha permitido ampliar mi perspectiva en el desarrollo de un proyecto. Además he tenido la oportunidad de trabajar con estudiantes de otras Ingenierías y es interesante ver como la integración de conocimientos ayuda a formar una estructura superior a la que una sola persona puede hacer. Me siento feliz de poder estar en este Megaproyecto porque muy pronto estudiantes y autoridades de esta universidad verán el fruto de este trabajo"

Josué Oropin, Estudiante de Ingeniería Industrial estudiante encargado del Módulo de Planificación



"Ah sido una experiencia diferente, con respecto al trabajo en equipo y trabajar con personas de otras carreras, se asemeja a trabajar en la industria, donde tratamos con gente de innumerables carreras. Otro aspecto que se puede mencionar es que es una responsabilidad diferente, porque es un trabajo que les sirva a otros alumnos, y la toma de una decisión es trascendental"

Andrea Muhr, Estudiante de Ingeniería Química encargada del diseño de la automatización del Cuarto de Sólidos

"La automatización de la caldera es un proyecto de gran importancia y que debe ser implementado en todos los equipos del laboratorio de operaciones unitarias de la UVG, ya que como en el caso de la caldera, la automatización permitirá el acceso inmediato a la información de cómo está trabajando la misma, de esta forma se podrán obtener datos de balance de materia y energía, su eficiencia y así calcular costos de operación, todo esto almacenado en una base de datos para poder llevar un record de trabajo y a futuro determinar la productividad de la caldera en cierto lapso de tiempo"


Henry Méndez, Estudiante de Ingeniería Química encargado del diseño de automatización de Caldera

Déjenos su comentario

Nombre (requerido)

Email (No será publicado) (required)

BUSQUEDA



CALENDARIO

OCTOBER 2011

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ADMINISTRACIÓN

- [» Log in](#)
- [» Entries RSS](#)
- [» Comments RSS](#)
- [» WordPress.org](#)

© 2011 Megaproyectos UVG. All Rights Reserved.

Powered by WordPress | Designed by: WordPress Themes | Thanks to 2011 Taylor Swift Tour, Dallas Mavericks Tickets and War Horse Broadway

Megaproyectos UVG

INICIO EXPERIENCIAS **AUTOMATIZACIÓN >** GALERÍA CONTACTÉNOS

Automatización

Cuarta Fase de Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias

El Megaproyecto cuenta con seis etapas que se deben realizar en el transcurso de un año y medio y se dividen en tareas que también se controlan para ir cumpliendo con los tiempos establecidos. Estas fases son: Diseño, Cotización, Selección, Compra e Instalación de Equipo y Pruebas del funcionamiento. La etapa de diseño es llevada a cabo por los ingenieros químicos y ahí se definen las características del equipo que se necesitaba para la automatización. Posteriormente se comienza a cotizar los equipos requeridos con diferentes empresas especializadas en venta de equipo para automatización, tanto a nivel nacional como internacional y esta fase está a cargo del estudiante de Ingeniería Industrial.

Posteriormente se selecciona el equipo en base a los requerimientos establecidos en la etapa de diseño y luego se toman en cuenta características de precio y calidad para seleccionar el equipo finalmente. Luego se realiza un informe para que se lleve a cabo el proceso de compra y finalmente cuando ya se tiene el equipo en la Universidad, se procede a instalar el equipo y se realizan las pruebas de funcionamiento. Las etapas de instalación y realización de pruebas están a cargo de los estudiantes de Ingeniería Química y Electrónica.

Los dos proyectos de esta cuarta fase son:

1. [Automatización del Cuarto de Sólidos](#)
2. [Automatización de Calderas](#)



Déjenos su comentario

Carlos Castro
Nombre (requerido)

studydream90@gmail.com
Email (No será publicado) (required)

Enviar comentario

BÚSQUEDA

Search



CALENDARIO

OCTOBER 2011

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ADMINISTRACIÓN

[Log in](#)

[Entries RSS](#)

[Comments RSS](#)

[WordPress.org](#)

Megaproyectos UVG

INICIO
EXPERIENCIAS
AUTOMATIZACIÓN
GALERÍA
CONTACTENOS

Caldera

Objetivos

- Obtener digitalmente los valores de entrada y salida de materia utilizada, consumidos y generados por la caldera para su funcionamiento y producción de Vapor de Agua.
- Determinar la eficiencia y realizar balances de materia y energía en base a los valores obtenidos digitalmente.

Fundamento de la Caldera

Una caldera es un dispositivo de Ingeniería cuyo objetivo es generar vapor saturado, a partir de agua que por lo general se encuentra a temperatura ambiente. El vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en donde el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta, lo cual produce un cambio de estado para obtener el vapor de agua.

El vapor de agua es utilizado por los diversos equipos del laboratorio de operaciones unitarias, entre ellos se encuentra la torre de destilación, marmita, intercambiadores de calor, en la industria se utiliza para calentar otros fluidos como el perleto pesado, para mejorar su fluidez.

A continuación se muestra el diagrama de cómo funciona la caldera.

```

    graph TD
      T1[Tanque Externo de combustible] --> B1[Bomba de combustible]
      B1 --> C[Caldera]
      T2[Tanque de reserva de agua] --> B2[Bomba de Agua]
      B2 --> C
      C --> G[Gases de combustión]
      C --> V[Vapor de Agua]
      C --> A[Agua depurada]
      A --> T2
      T3[Tanque de Agua] --> T4[Tanque de reserva de agua]
      T4 --> B2
      
```

- Tanque Externo: El tanque auxiliar debe solicitar combustible al tanque externo al llegar a su nivel mínimo, el cual bombea el combustible a la caldera, de manera independiente el tanque externo también puede bombear combustible a la caldera.
- Se introduce oxígeno por medio de un ventilador para permitir la ignición.
- Del tanque de reserva de agua, se bombea hacia la caldera, previa desionización y remoción de dureza del agua.
- En caldera se vaporiza el agua por un sistema tipo tubular, el agua es vaporizada por conducción/convección, el vapor de agua saturado es conducido por la tubería hacia la planta de operaciones unitarias.
- Los gases de combustión salen por la parte superior de la caldera.

Puntos Automatizados

Entrada

- Nivel de Diesel en tanque externo
- Nivel de Diesel en tanque interno (Consejo para utilizar únicamente el interno)
- Flujo de entrada de combustible a la caldera
- Alimentación de Agua

- Nivel de agua en tanque de reserva (Flujo de entrada)
- Dureza del agua
- Flujo de agua que entra en la caldera

- Cantidad de Oxígeno alimentado

Salida

- Flujo Volumétrico de gases de combustión
- Temperatura de gases de combustión
- Componentes de Gases de combustión

En caldera

- Temperatura interna
- Presión interna
- Nivel de Agua

Balace de Energía

- Vapor:

- Temperatura de salida de vapor de agua (igual a la de caldera)
- Presión de salida de Vapor de agua (igual a la de caldera)

- Agua

- Temperatura entrada de agua
- Presión de entrada de agua (igual a la de caldera)

Para ello se utilizaron y se compraron sensores con proveedores nacionales e internacionales. Además se hicieron las conexiones eléctricas correspondientes y se procedió a hacer la programación en el PLC y el HMI, para que los estudiantes interactúen con el sistema automatizado.

BÚSQUEDA

CALENDARIO

OCTOBER 2011

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ADMINISTRACIÓN

[Log in](#)

[Entries RSS](#)

[Comments RSS](#)

[WordPress.org](#)

0 Responses to Caldera

Carlos Castro says:

Your comment awaiting moderation.

Este es una información muy interesante. Sigán adelante chicos

[Reply](#)

Déjenos su comentario

Nombre (requerido)

Email (No será publicado) (required)

[Enviar comentario](#)

© 2011 Megaproyectos UVG. All Rights Reserved.

Powered by WordPress | Designed by: Wordpress Themes | Thanks to 2011 Taylor Swift Tour, Dallas Mavericks Tickets and War Horse Broadway

Página: Galería

Megaproyectos UVG

INICIO EXPERIENCIAS AUTOMATIZACIÓN » **GALERÍA** CONTÁCTENOS

Galería

A continuación se muestran algunas fotos e ilustraciones del desarrollo de todo el Megaproyecto: IV Fase de Automatización del Laboratorio de Operaciones Unitarias



BÚSQUEDA

Search



CALENDARIO

OCTOBER 2011

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ADMINISTRACIÓN

[Log in](#)

[Entries RSS](#)

[Comments RSS](#)

[WordPress.org](#)

© 2011 Megaproyectos UVG. All Rights Reserved.

Powered by WordPress | Designed by: Wordpress Themes | Thanks to 2011 Taylor Swift Tour, Dallas Mavericks Tickets and War Horse Broadway

Página: Contáctenos

Megaproyectos UVG

INICIO
EXPERIENCIAS
AUTOMATIZACIÓN »
GALERÍA
CONTACTENOS

Contáctenos

Para nosotros será un gusto poder contestar sus inquietudes, preguntas o sugerencias

Nombre(requerido)


Email(requerido)

Asunto

Mensaje

..:

BÚSQUEDA



CALENDARIO

OCTOBER 2011

M	T	W	T	F	S	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

ADMINISTRACIÓN

- [» Log in](#)
- [» Entries RSS](#)
- [» Comments RSS](#)
- [» WordPress.org](#)

© 2011 Megaproyectos UVG. All Rights Reserved.

Powered by WordPress | Designed by Wordpress Themes | Thanks to 2011 Taylor Swift Tour, Dallas Mavericks Tickets and War Horse Broadway