

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACION DE  
ENFRIADORES DE AGUA TIPO CHILLER

EDWIN ANDRES ECHAVARRIA SALAZAR

UNIMINUTO  
INSTITUTO DE EDUCACION A DISTANCIA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS  
FACULTAD DE POSTGRADOS  
MEDELLIN  
2013

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACION DE  
ENFRIADORES DE AGUA TIPO CHILLER

EDWIN ANDRES ECHAVARRIA SALAZAR

Trabajo de Grado

Asesor: Nelson Armando Agudelo Vanegas

UNIMINUTO

INSTITUTO DE EDUCACION A DISTANCIA

ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE PROYECTOS

FACULTAD DE POSTGRADOS

MEDELLIN

2013

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Firma presidente jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

\_\_\_\_\_  
Firma del jurado

Medellín, 12 de Diciembre del 2013.

## CONTENIDO

	pág.
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
GLOSARIO.....	9
INTRODUCCION.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
2. OBJETIVOS.....	23
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	23
3. JUSTIFICACION.....	24
4. MARCO TEORICO.....	26
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	26
4.1.1 Que es un proyecto de factibilidad.....	26
4.1.2 Componentes de un proyecto de factibilidad....	28
4.1.3 Que es un chiller.....	39
4.1.4 Tipos de Chiller.....	42
4.1.5 Principales componentes de un chiller.....	43
4.2 MARCO INSTITUCIONAL.....	59

4.2.1 Misión.....	59
4.2.2 Visión.....	59
4.2.3 Valores corporativos.....	60
4.2.4 Portafolio de servicios.....	61
5. DISEÑO METODOLOGICO.....	64
5.1 ESTUDIO DE MERCADO.....	65
5.1.1 Estudio para el análisis de la demanda.....	65
5.1.2 Análisis de la oferta.....	66
5.1.3 Análisis del precio.....	66
5.1.4 Análisis del canal de distribución.....	67
5.2 ESTUDIO TECNICO.....	69
5.3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO.....	70
5.4 ESTUDIO FINANCIERO.....	71
6. RESULTADOS.....	72
6.1 ESTUDIO DE MERCADO.....	72
6.2 ESTUDIO TECNICO.....	76
6.2.1 ASPECTOS TECNICOS.....	76
6.3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO.....	89
6.3.1 Búsqueda de patentes.....	89
6.3.2 Análisis de patentes.....	90

6.4 ESTUDIO FINANCIERO.....	91
7. CONCLUSIONES.....	95
8. RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFIA.....	97

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 Chillers vendidos en Frio Aire 2011-2013.....	72
Tabla 2 Lista de precios chiller importado TRANE.....	73
Tabla 3 Costo material chiller Frio Aire.....	74
Tabla 4 Presupuesto de inversiones.....	92
Tabla 5 Ventas.....	93
Tabla 6 Flujo de caja del proyecto.....	93

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Esquema general de un chiller.....	41
Figura 2 Tipos de chillers.....	42
Figura 3 Diagrama de bloques sistema de control.....	50
Figura 4 Diagrama sistema de control abierto.....	51
Figura 5 Diagrama sistema de control cerrado.....	53
Figura 6 Diagrama elementos sistema de control cerrado.....	55
Figura 7 Logo Frio Aire .....	61
Figura 8 Ubicación geográfica Frio Aire Medellín.....	68
Figura 9 PLC.....	77
Figura 10 HMI.....	78
Figura 11 Transductores de temperatura.....	78
Figura 12 Presostatos.....	79
Figura 13 Suiche de flujo.....	79
Figura 14 Indicación alarma perdida de flujo.....	85
Figura 15 Programación PLC en lenguaje escalera.....	86
Figura 16 Mensajes indicados en la HMI.....	87

## GLOSARIO

AUTOMATIZACION<sup>1</sup>: La automatización es una tecnología relacionada con la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en computadora para ejecutar y controlar la producción.

CHILLER<sup>2</sup>: Un enfriador de agua ó water chiller es un caso especial de máquina frigorífica cuyo cometido es enfriar un medio líquido, generalmente agua. En modo bomba de calor también puede servir para calentar ese líquido. El evaporador tiene un tamaño menor que el de los enfriadores de aire, y la circulación del agua se hace desde el exterior mediante bombeo mecánico.

COMPRESOR<sup>3</sup>: Es el elemento que suministra energía al sistema. El refrigerante llega en estado gaseoso al compresor y aumenta su presión.

<sup>1</sup>Tomado de: <http://flobaautomation.blogspot.com/2012/02/definicion-de-automatizacion.html>.

<sup>2</sup>Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Enfriador\\_de\\_agua](http://es.wikipedia.org/wiki/Enfriador_de_agua).

<sup>3</sup>Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_frigor%C3%ADfica](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_frigor%C3%ADfica).

CONDENSADOR<sup>3</sup>: El condensador es un intercambiador de calor, en el que se disipa el calor absorbido en el evaporador (más adelante) y la energía del compresor. En el condensador el refrigerante cambia de fase pasando de gas a líquido.

EVAPORADOR<sup>3</sup>: El refrigerante a baja temperatura y presión pasa por el evaporador, que al igual que el condensador es un intercambiador de calor, y absorbe el calor del recinto donde está situado. El refrigerante líquido que entra al evaporador se transforma en gas al absorber el calor del recinto.

HMI<sup>4</sup>: Interfaz de usuario por sus siglas en idioma inglés, (Human Machine Interface) que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos.

<sup>3</sup> Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_frigor%C3%ADfica](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_frigor%C3%ADfica).

<sup>4</sup> Tomado de: <http://es.wikipedia.org/wiki/HMI>, recuperado el 20 de agosto de 2013.

PLC<sup>5</sup>: PLC (Programmable Logic Controller), Un PLC es un equipo electrónico programable que permite almacenar una secuencia de ordenes (programa) en su interior y ejecutarlo de forma cíclica con el fin de realizar una tarea

TIR<sup>6</sup>: La tasa interna de retorno (TIR) es una tasa de rendimiento utilizada en el presupuesto de capital para medir y comparar la rentabilidad de las inversiones.

TONELADA DE REFRIFERACION<sup>7</sup>: unidad de medida de capacidad de extraer calor, Puede definirse como la cantidad de calor latente absorbida por la fusión de una tonelada corta de hielo sólido puro en 24 horas.

<sup>5</sup> Tomado de: <http://www.ingeniaste.com/ingenias/telecom/tutorial-plc.html>, recuperado el 20 agosto de 2013.

<sup>6</sup> Tomado de: <http://www.encyclopediafinanciera.com/finanzas-corporativas/tasa-interna-de-retorno.htm>.

<sup>7</sup> Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tonelada\\_de\\_refrigeraci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Tonelada_de_refrigeraci%C3%B3n)

VPN<sup>8</sup>: El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: MAXIMIZAR la inversión.

<sup>8</sup> Tomado de: <http://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

## INTRODUCCION

Un Chiller es una maquina industrial cuya función básica es enfriar el agua mediante el intercambio de calor entre el liquido enfriado y gases refrigerantes con unas características físico-químicas determinadas, que logran el objetivo de retirar el calor del liquido mediante un proceso de cambio de estado de la materia y energía, obteniendo agua a baja temperatura que es usada para el enfriamiento de moldes de las inyectoras de plástico, aire acondicionado, procesos industriales, etc.

Para enfriar el agua a una temperatura requerida es necesario controlar algunas variables físicas en el chiller como: presión, flujo, temperaturas, corriente eléctrica, secuencia de fases invertida, caída de voltaje, entre otras; es por esto que se propone el control de estas variables y el motivo de proponer la automatización de los chillers.

ALCANCE: Automatizar chillers con capacidades entre 12.000BTU/h=1 Tonelada de Refrigeración [TR] y 120.000BTU/h=10[TR], fabricados en Frio Aire Medellín; dicha automatización incluye:

- PLC
- Diseño de software para PLC y HMI.
- HMI

- Presostatos
- Suiche de flujo
- Sensores de temperatura de suministro y retorno del agua fría.
- Chequeador de fases.
- Elementos de maniobra como: Breaker, contactor para compresor, contactor y relé térmico para moto-bomba de agua fría.
- Tablero eléctrico de potencia y control con su respectivo cableado, canaleta, riel omega, borneras, marcaciones, etc.
- Diagramas eléctricos de potencia y control.
- Diagrama de proceso.

En el presente proyecto se realiza un estudio de factibilidad para la automatización de equipos chillers con capacidades entre 1 y 10 Toneladas de Refrigeración [TR], fabricados en la empresa Frio Aire Medellín, con la finalidad de contar con una alternativa más económica para las empresas locales y que satisfaga las mismas necesidades con respecto al mismo tipo de productos importados.

Mediante los diferentes estudios sugeridos por los métodos de formulación y evaluación de proyectos se tendrán evidencias que

permitirán tomar una decisión confiable sobre la pertinencia de proponer una alternativa tecnológica ensamblada localmente para el enfriamiento de agua para procesos industriales.

Este estudio de factibilidad para la automatización de enfriadores de agua tipo chiller se desarrolla con la finalidad de que la empresa Frio Aire ubicada en el barrio Prado Centro en la ciudad de Medellín Cr 47 #59-17 pueda ofrecer chillers automatizados con la certeza de que se colocará en el mercado un producto de calidad, diferente y competitivo.

Ya que Frio Aire ha venido fabricando y vendiendo una gran cantidad de este tipo de equipos pero con una interface para el operario poco amigable, además de no contar con un sistema de funcionamiento automatizado que permita garantizar un desempeño más alto y que garantice la protección de los componentes delicados como el evaporador, que en algunas ocasiones han generado pérdidas para Frio Aire por conceptos de garantías, se propone dicha automatización como solución a dichos enunciados.

Para la ejecución de este proyecto se requieren conocimientos técnicos relacionados con la instrumentación, automatización, refrigeración y

manejo de sustancias refrigerantes que hacen parte de la normatividad vigente relacionada con este tipo de enfriadores.

En el presente informe se desarrolla un estudio de mercado, el cual permite estimar la demanda de estos equipos en el sector industrial local; el informe técnico muestra los equipos y dispositivos requeridos para dicha automatización; el informe administrativo se basa en determinar lo innovador del proyecto y a partir del informe financiero se determinara la viabilidad del proyecto mediante el cálculo del VPN y la TIR.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los siguientes elementos manifiestan las dificultades y necesidades existentes con los equipos chiller actuales permitiendo identificar la viabilidad de la automatización y uso de estos nuevos equipos en el mercado local:

Los procesos de importación y nacionalización de los equipo chiller en ocasiones son lentos y costosos, debido a que usan gases refrigerantes que si no se manejan adecuadamente pueden ser nocivos para la capa de ozono o generar aumento del calentamiento global.

El uso de algunos de estos gases como el R12, está restringido en Colombia ya que somos un país que hace parte del protocolo de Montreal.

El arranque y puesta en marcha de estos equipo debe ser realizado por personal profesional de la compañía que suministra el chiller so pena de perder la garantía y aumentar el costo final del equipo, es altamente atractivo para las empresas del sector local contar con una alternativa que satisfaga sus necesidades y les permita contar con respaldo

permanente, puesta en marcha, mantenimiento especializado, capacitación a su personal, etc.

Además a pesar de que actualmente se consiguen chillers ensamblados localmente a bajo costo comparados con los importados, la interface de control o Human Machine Interface (HMI) y los elementos de control todavía son muy básicos, por lo cual se pretende por medio de la implementación de una HMI y un controlador lógico programable (PLC) ofrecer un equipo a la altura de los importados y a un menor costo.

#### COLOMBIA EN EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Colombia Ingresa al Protocolo de Montreal en 1992 mediante la aprobación de la Ley 29 del Congreso Nacional. El gobierno, la industria y la academia se reúnen y preparan el Programa País (PP), el cual es presentado en 1994 Con los proyectos aprobados se crea la Unidad Técnica Ozono (UTO) en el mismo año. Colombia es aceptada como un país perteneciente al artículo 5 del PM adhiriéndose a los beneficios y compromisos que esto implica.

La UTO, legalmente, es una suma de proyectos supervisados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y

dependiente de las diversas agencias implementadoras del PM. Dicha estructura legal de internalización de la UTO a los organismos estatales ha tenido sus ventajas comparadas con otras asumidas en Latinoamérica. El principal mérito del sistema seguido por Colombia consiste en la alta efectividad de ejecución con capacidad y calidad técnica. La principal desventaja es la dificultad de hacer aplicables los compromisos de reducción y eliminación del consumo de SAO ante el PM, lo cual requiere afectar y modificar la legislación tributaria, de comercio internacional, agrícola, de salud pública y ambiental.

Es pertinente aclarar que para el país, la palabra consumo equivale a la cantidad de SAO importada, ya que en Colombia no existe la producción de estas sustancias. Sin embargo, el consumo total de SAO en Colombia no representa más del 1% del consumo mundial (según datos a Diciembre 31 de 2003). Unidad Técnica Ozono La principal tarea de la UTO es la identificación, formulación y ejecución de proyectos de reconversión industrial, de acuerdo con las prioridades sectoriales, técnicas, industriales, ambientales, de la política nacional y las establecidas por el Comité Ejecutivo del Protocolo de Montreal. La UTO asesora al Gobierno Nacional en la toma de decisiones respecto a las políticas para la reducción del consumo de las sustancias controladas por el Protocolo de Montreal pero, siempre estará sometida a las

determinaciones que en este sentido promulgue el Gobierno Nacional, las cuales, normalmente, son adoptadas realizando consultas y buscando el consenso entre los diferentes actores involucrados. (Buenas prácticas en refrigeración, recuperación y reciclaje de refrigerantes, unidad técnica de ozono, ministerio de ambiente 2005, p17).

(Ozono, 2005)

Refrigerantes utilizados en enfriadores de agua tipo chillers.

Para cumplir con los compromisos asumidos por Colombia frente al Protocolo de Montreal, la Unidad Técnica Ozono –UTO- del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adelanta la ejecución del Plan Nacional de Eliminación –PNE buscando facilitar la eliminación paulatina del consumo de cerca de 800 toneladas de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono –SAO, que actualmente importa el país.

El mantenimiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado es la actividad responsable de, aproximadamente, el 85% del consumo actual de SAO en Colombia, del cual una fracción significativa es injustificado, resultado de la aplicación de malas prácticas, fugas y desperdicio en el uso de refrigerantes.

En el marco de implementación del PNE, el Proyecto de Certificación ha vinculado reconocidas certificadoras, entidades públicas y privadas de capacitación, empresas y talleres de mantenimiento y ha logrado la participación masiva de más de 4000 técnicos en todo el país dispuestos voluntariamente a certificar sus competencias laborales, verificando así el cumplimiento de las normas nacionales para realizar mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, especialmente aquellas relacionadas con las prácticas que aseguran la protección de la capa de ozono. Con diversas experiencias entre países firmantes del Protocolo de Montreal, el proceso de certificación a técnicos en Colombia se ha caracterizado por un trabajo regional, adelantado de la mano de las entidades ambientales, sensibilizando y motivando permanentemente al trabajador que se encarga de todas las actividades propias de un técnico de servicio.

Esta cartilla fue preparada por la UTO como herramienta de apoyo y consulta permanente para difundir las buenas prácticas ambientales entre las empresas, talleres y técnicos dedicados al mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, pretendiendo crear conciencia sobre el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático, problemas ambientales mundiales que exigen el compromiso

y aporte de todos los actores involucrados para lograr soluciones conjuntas.

La publicación apoyará el alistamiento y los planes de mejoramiento de los trabajadores que aspiren a certificarse en la Norma de Competencia Laboral colombiana "Manejo ambiental de sustancias refrigerantes utilizadas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado según la normatividad nacional e internacional" y facilitará implementar las estrategias adoptadas por el país para disminuir el consumo de SAO, minimizando el impacto ambiental generado por el sector de mantenimiento. La UTO confía en que la información presentada sea de utilidad no sólo para los técnicos sino también para las entidades públicas y privadas de capacitación, asociaciones y grandes consumidores que deseen iniciar actividades de concientización sobre el agotamiento de la capa de ozono. (El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales, unidad técnica de ozono, ministerio de ambiente, 2006, p.5).

(ozono,

2006)

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de factibilidad para la automatización de un enfriador de agua tipo chiller.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Realizar el estudio de mercado de los equipos importados ofrecidos al sector industrial.

2.2.2 Desarrollar un estudio técnico para determinar los requerimientos y equipos necesarios para la automatización.

2.2.3. Identificar mediante un estudio administrativo el grado de innovación del nuevo proceso de automatización en los equipos chiller.

2.2.4. Hacer un estudio financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

### 3. JUSTIFICACION

Un chiller marca TRANE con capacidad de enfriamiento de agua de 10 Toneladas de Refrigeración [TR] o 120.000BTU/h, 220vac, trifásico, con refrigerante R407C cuesta aproximadamente COP\$27'000.000+iva<sup>A</sup> y el equipo fabricado localmente se podría vender a COP\$16'500.000+iva<sup>B</sup> con una rentabilidad del 60%, ya que los materiales, equipos y mano de obra suman aproximadamente COP\$10'000.000 (ver anexo: costos materiales).

Este proyecto garantizara confiabilidad al cliente cuando adquiriera un chiller automatizado pues todos los sensores, instrumentos y controles serán monitoreados por un sistema central que le permitirá saber en tiempo real las condiciones, fallas, advertencias y tiempos de mantenimiento, reduciendo costos de reparaciones o mantenimientos correctivos, perdidas por lucro cesante por paros de producción, etc.

<sup>A</sup>Ver tabla 2: lista de precios chiller importado TRANE

<sup>B</sup>Ver tabla 3: costo material chiller local

De no ejecutarse Frio Aire podría tener gastos significativos en cuanto garantías de los equipos que se vendan sin ser automatizados ya que al no contar con un control más robusto que garantice el óptimo funcionamiento y la disminución de fallas se podrían generar daños en los chillers que generarían un costo adicional a la venta.

Debido a los costos de aranceles, importación y nacionalización de los chillers fabricados fuera del país, se hace altamente atractiva esta propuesta de cara al cliente final, pues el valor comparativo es notable y el tiempo de entrega del chiller ensamblado y automatizado en Frio Aire versus el importado le da un valor agregado al proyecto.

Ya que en Frio Aire se trabaja con consciencia ambiental se le puede ofrecer al cliente chillers con distintos tipos de refrigerante aprobados por la UTO -unidad técnica de ozono de Colombia y el protocolo de Montreal; refrigerantes como el R410A<sup>C</sup> y R407C<sup>D</sup> y de esta forma el cliente también estaría cumpliendo con la normatividad actual de uso de sustancia refrigerantes.

<sup>C</sup> Tomado de: [http://www2.dupont.com/Refrigerants/en\\_US/products/Suva/Suva410A.html#.Uo95icxZjIU](http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/products/Suva/Suva410A.html#.Uo95icxZjIU), recuperado el 22 de Noviembre de 2013.

<sup>D</sup> Tomado de: [http://www2.dupont.com/Refrigerants/es\\_MX/products/suva/suva407c.html](http://www2.dupont.com/Refrigerants/es_MX/products/suva/suva407c.html), recuperado el 22 de Noviembre de 2013.

## 4. MARCO TEORICO.

### 4.1. MARCO CONCEPTUAL

#### 4.1.1 Que es un proyecto de factibilidad<sup>9</sup>?

El estudio de factibilidad de cierta manera es un proceso de aproximaciones sucesivas, donde se define el problema por resolver. Para ello se parte de supuestos, pronósticos y estimaciones, por lo que el grado de preparación de la información y su confiabilidad depende de la profundidad con que se realicen tanto los estudios técnicos, como los económicos, financieros y de mercado, y otros que se requieran.

La formulación de Proyectos de Inversión, constituye un objeto de estudio bastante amplio y sumamente complejo, que demanda la participación de diversos especialistas, es decir, requiere de un enfoque multivariado e interdisciplinario.

(Santos, 2008)

<sup>9</sup> Tomado de: <http://www.eumed.net/ce/2008b/tss.htm>, recuperado el 3 de diciembre de 2013.

Dentro de este proceso de formulación se debe considerar en primer lugar las etapas que conforman un proyecto de inversión, ya que estas constituyen un orden cronológico de desarrollo del proyecto en las cuales se avanza sobre la formulación, ejecución y evaluación del mismo. Y en segundo lugar, los documentos proyectados que brindarán la información primaria básica que se necesita para que el proyecto pueda ser evaluado, proveniente de la estimación de los principales estados financieros.

Un proyecto de Inversión se puede entender como: “un paquete discreto de inversiones, insumos y actividades, diseñados con el fin de eliminar o reducir varias restricciones al desarrollo, para lograr uno o más productos o beneficios, en términos del aumento de la productividad y del mejoramiento de la calidad de vida de un grupo de beneficiarios dentro de un determinado período de tiempo.”(Colin F.Bruce, 1982).

Según la Guía Metodológica General para la Preparación y Evaluación de Proyectos del Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social, ILPES, “un proyecto de inversión es una propuesta de acción que implica utilización de un conjunto determinado de recursos para el logro de unos resultados esperados”.

El Manual titulado “Los proyectos, la racionalización de inversiones y el control de gestión” define como inversión, el bienestar que la sociedad posterga a cambio de la expectativa de obtener más adelante un nivel de bienestar superior, convirtiendo en inversión el valor retirado del consumo”.

Teniendo en cuenta estos conceptos, se puede definir un Proyecto de Inversión, como la propuesta por el aporte de capital para la producción de un bien o la prestación de un servicio, mediante la cual un sujeto decide vincular recursos financieros líquidos a cambio de la expectativa de obtener unos beneficios, también líquidos, a lo largo de un plazo de tiempo que se denomina vida útil.

De esta forma un proyecto surge de la identificación de unas necesidades. Consta de un conjunto de antecedentes técnicos, legales, económicos (incluyendo mercado) y financieros que permiten juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a esa iniciativa. Su bondad depende, por tanto, de su eficiencia y efectividad en la satisfacción de estas necesidades, teniendo en cuenta el contexto social, económico, cultural y político.

#### 4.1.2 Componentes de un estudio de factibilidad<sup>10</sup>?

Para llevar a cabo un estudio de Factibilidad de un proyecto de inversión se requiere, por lo menos, según la metodología y la práctica

vigentes, de la realización de tres estudios: Estudio de Mercado, Estudio Técnico, Estudio Económico-Financiero.

### **Estudio de Mercado.**

El estudio de mercado es más que el análisis de la oferta y demanda o de los precios del proyecto. Muchos costos de operación pueden pronosticarse simulando la situación futura y especificando las políticas y procedimientos que se utilizarán como estrategia comercial, mediante el conocimiento de los siguientes aspectos:

1. El consumidor y las demandas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
2. La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
3. Comercialización del producto o servicio del proyecto.

Los proveedores y la disponibilidad y precios de los insumos, actuales y proyectados.

<sup>10</sup> Tomado de: <http://www.eumed.net/ce/2008b/tss.htm>, recuperado el 4 de diciembre de 2013.

Uno de los factores más crítico de todo proyecto, es la estimación de la demanda, y conjuntamente con ella los ingresos de operación, como los costos e inversiones implícitos.

El análisis del consumidor tiene por objetivo caracterizar a los consumidores actuales y potenciales, identificando sus preferencias, hábitos de consumo, motivaciones, nivel de ingreso promedio, ente otros; para obtener el perfil sobre el cual pueda basarse la estrategia comercial. El análisis de la demanda pretende cuantificar el volumen de bienes o servicios que el consumidor podría adquirir de la producción del proyecto.

El estudio de la competencia es fundamental, para poder conocer las características de los productos o servicios que ofrecen el resto de los productores, con el fin de determinar las ventajas y desventajas que aporta dicha competencia. Además, permite argumentar el nivel de ocupación de la capacidad disponible por el proyecto.

El análisis de la comercialización del proyecto depende en modo importante de los resultados que se obtienen de los estudios del consumidor, la demanda, la competencia y la oferta.

Por lo que las decisiones (en cuanto a precio, promoción, publicidad, distribución, calidad, entre otras) adoptadas aquí tendrán

repercusión directa en la rentabilidad del proyecto por las consecuencias económicas que se manifiestan en sus ingresos y egresos.

Los proveedores de insumos necesarios para el proyecto pueden ser determinantes en el éxito o fracaso de éste. De ahí la necesidad de estudiar si existe disponibilidad de los insumos requeridos y cuál es el precio que deberá pagarse para garantizar su abastecimiento. Por lo que la información que se obtenga de los proveedores puede influir en la selección de la localización del proyecto.

Atendiendo al estudio de cada una de las variables que influyen en el mercado, es que su objetivo principal está dirigido a la recopilación de carácter económico que se representa en la composición del flujo de caja del proyecto.

### **El Estudio Técnico.**

El objetivo del estudio técnico consiste en analizar y proponer diferentes alternativas de proyecto para producir el bien que se desea, verificando la factibilidad técnica de cada una de las alternativas. A partir del mismo se determinarán los costos de inversión requeridos, y los costos de operación que intervienen en el flujo de caja que se realiza en el estudio económico-financiero. Este incluye: tamaño del proyecto, localización.

### **Tamaño del proyecto.**

La capacidad de un proyecto puede referirse a la capacidad teórica de diseño, a su capacidad de producción normal o a su capacidad máxima. Para ello se tienen en cuenta los siguientes elementos.

La primera se refiere al volumen de producción que bajo condiciones técnicas óptimas se alcanza a un costo unitario mínimo.

La capacidad de producción normal es la que bajo las condiciones de producción que se estimen regirán durante el mayor tiempo a lo largo del período considerado al costo unitario mínimo y por último la capacidad máxima se refiere a la mayor producción que se puede obtener sometiendo los equipos al máximo esfuerzo, sin tener en cuenta los costos de producción.

Como concepto de tamaño de planta se adopta de las definiciones anteriores, la correspondiente a la capacidad de producción normal, la que se puede expresar para cada una de las líneas de equipos o procesos, o bien para la totalidad de la planta.

### **Localización.**

Con el estudio de microlocalización se seleccionará la ubicación más conveniente para el proyecto, buscando la minimización de los costos y el mayor nivel de beneficios.

En la decisión de su ubicación se considerarán los aspectos siguientes:

1. Facilidades de infraestructura portuaria, aeroportuaria y terrestre, y de suministros de energía, combustible, agua, así como de servicios de alcantarillado, teléfono, etc
2. Ubicación con una proximidad razonable de las materias primas, insumos y mercado.
3. Condiciones ambientales favorables y protección del medio ambiente.
4. Disponibilidad de fuerza de trabajo apropiada atendiendo a la estructura de especialidades técnicas que demanda la inversión y considerando las características de la que está asentada en el territorio.
5. Correcta preservación del medio ambiente y del tratamiento, traslado y disposición de los residuales sólidos, líquidos y gaseosos. Incluye el reciclaje.

### **Ingeniería del proyecto.**

El estudio de factibilidad se basará en la documentación técnica del proyecto elaborado a nivel de Ingeniería Básica, equivalente al proyecto técnico.

El establecimiento de relaciones contractuales para los trabajos de proyectos, construcciones y suministros es un factor determinante para el logro de la eficiencia del proceso inversionista que se analiza.

A partir de ello se podrá establecer una adecuada estrategia de contratación, precisando los posibles suministradores nacionales y extranjeros, así como la entidad constructora.

Con la determinación del alcance del proyecto se requiere exponer las características operacionales y técnicas fundamentales de su base productiva, determinándose los procesos tecnológicos requeridos, el tipo y la cantidad de equipos y maquinarias, así como los tipos de cimentaciones, estructuras y obras de ingeniería civil previstas.

A su vez se determinará el costo de la tecnología y del equipamiento necesario sobre la base de la capacidad de la planta y de las obras a realizar.

Esta etapa comprende:

a) Tecnología.

La solución tecnológica de un proyecto influye considerablemente sobre el costo de inversión, y en el empleo racional de las materias primas y materiales, consumos energéticos y la fuerza de trabajo. El estudio de factibilidad debe contar con un estimado del costo de la inversión.

b) Equipos.

Las necesidades de maquinarias y equipos se deben determinar sobre la base de la capacidad de la planta y la tecnología seleccionada.

La propuesta se detallará a partir de: valor del equipamiento principal, fuentes de adquisición, capacidad y vida útil estimada.

c) Obras de Ingeniería civil.

Los factores que influyen sobre la dimensión y el costo de las obras físicas son el tamaño del proyecto, el proceso productivo y la localización. Se requiere una descripción resumida de las obras manteniendo un orden funcional, especificando las principales características de cada una y el correspondiente análisis de costo, así como el: valor de las obras de Ingeniería civil (complejidad de la ejecución), depreciación y años de vida útil.

d) Análisis de insumos.

Se deben describir las principales materias primas, materiales y otros insumos nacionales e importados necesarios para la fabricación de los productos, así como el cálculo de los consumos para cada año y la determinación de los costos anuales por este concepto, los que constituyen una parte principal de los costos de producción.

Los precios a los que se pueden obtener tales materiales son un factor determinante en los análisis de rentabilidad de los proyectos.

También se incluyen aquellos materiales auxiliares (aditivos, envases, pinturas, entre otros) y otros suministros de fábrica (materiales para el mantenimiento y la limpieza).

#### e) Servicios públicos.

La evaluación pormenorizada de los servicios necesarios como electricidad, agua, vapor y aire comprimido, constituyen una parte importante en el estudio de los insumos.

Es necesario detallar el cálculo de los consumos para cada año y la determinación de los costos anuales por este concepto.

#### f) Mano de obra.

Una vez determinada la capacidad de producción de la planta y los procesos tecnológicos que se emplean, es necesario definir la plantilla de personal requerido para el proyecto y evaluar la oferta y demanda de mano de obra, especialmente de obreros básicos de la región, a partir de la experiencia disponible y atendiendo a las necesidades tecnológicas del proyecto. Mediante estos estudios se podrá determinar las necesidades de capacitación y adiestramiento a los diferentes niveles y etapas.

Al tener definidas las necesidades de mano de obra por funciones y categorías, se determina en cada una de ellas el número total de trabajadores, los turnos y horas de trabajo por día, días de trabajo por año, salarios por hora, salarios por año, etc.

## **El Estudio Económico-Financiero.**

El estudio económico-financiero de un proyecto, hecho de acuerdo con criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea si es o no rentable y sí siendo conveniente es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio. En presencia de varias alternativas de inversión, la evaluación es un medio útil para fijar un orden de prioridad entre ellas, seleccionando los proyectos más rentables y descartando los que no lo sean.

Para explicar en resumen la metodología a seguir para el estudio de factibilidad se tiene presente un conjunto de etapas.

### **Pasos a seguir en el Estudio de Factibilidad**

1. Definición de los Flujos de Fondos del Proyecto.
  - a. los egresos e ingresos iniciales de fondos
  - b. los ingresos y egresos de operación
  - c. el horizonte de vida útil del proyecto
  - d. la tasa de descuento
  - e. los ingresos y egresos terminales del proyecto.
2. Resultado de la evaluación del proyecto de inversión en condiciones de certeza, el cual se mide a través de distintos criterios que, más que optativos, son complementarios entre sí. Los criterios que se aplican:

- a. el Valor Presente Neto (VPN)
- b. la Tasa Interna de Retorno (TIR)

### **Flujo de fondos del proyecto.**

La evaluación del proyecto se realiza sobre la base de la estimación del flujo de caja de los costos e ingresos generados por el proyecto durante su vida útil. Al proyectarlo, será necesario incorporar información adicional relacionada, principalmente, con los efectos tributarios de la depreciación del activo nominal, valor residual, utilidades y pérdidas.

El flujo de caja típico de cualquier proyecto se compone de cinco elementos básicos: egresos e ingresos iniciales de fondos, ingresos y egresos de operación, horizonte de vida útil del proyecto, tasa de descuento e ingresos y egresos terminales del proyecto.

Egresos e ingresos iniciales de fondos: son los que se realizan antes de la puesta en marcha del proyecto. Los egresos son los que están constituidos por el presupuesto de inversión, y los ingresos constituyen el monto de la deuda o préstamo. Estos egresos e ingresos, dentro del horizonte de la vida útil del proyecto, se representan en el periodo cero (0): costos del proyecto, inversión en Capital de Trabajo, ingresos por la Venta de Activos Fijos, Efecto Fiscal por la Venta de

Activos Fijos, Crédito o Efecto Fiscal a la Inversión y Monto del Préstamo.

El presupuesto de inversión, costo de inversión, o presupuesto de capital, cualquiera de las diferentes terminologías, no es más que la inversión necesaria para poner en condiciones de operar una entidad de servicios o productiva. Este presupuesto está formado por el Capital Fijo y por el Capital de Trabajo.

#### 4.1.3 Que es un chiller<sup>11</sup>?

“Un Chiller (o enfriador de agua) es un aparato industrial que produce agua fría para el enfriamiento de procesos industriales. La idea consiste en extraer el calor generado en un proceso por contacto con agua a una temperatura menor a la que el proceso finalmente debe quedar. Así, el proceso cede calor bajando su temperatura y el agua, durante el paso por el proceso, la eleva. El agua ahora "caliente" retorna al chiller adonde nuevamente se reduce su temperatura para ser enviada nuevamente al proceso.

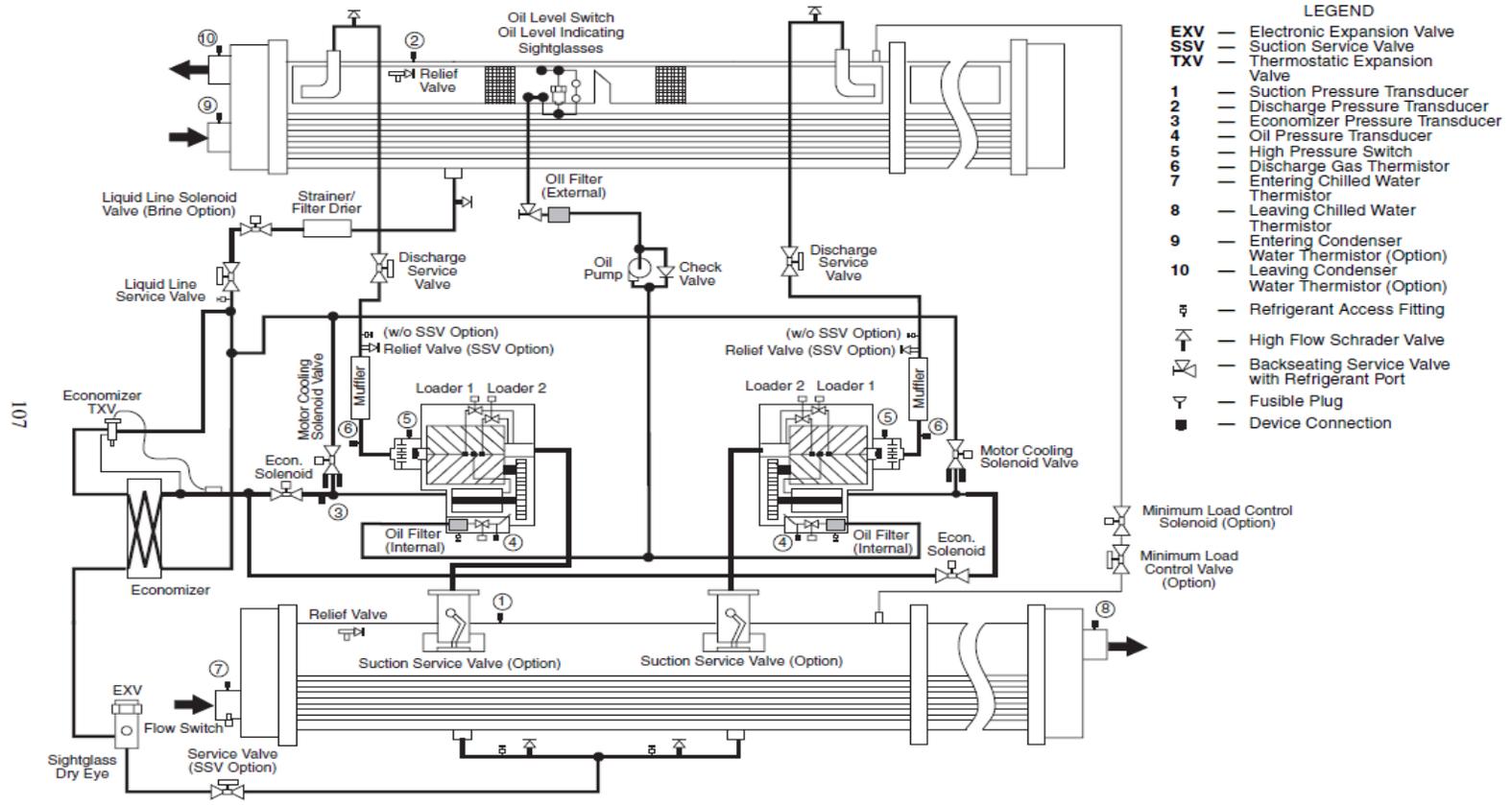
(chiller)

<sup>11</sup>Tomado de: <http://www.todochiller.com.ar/Teoria.html>, recuperado el 4 de diciembre de 2013.

Este funciona como un sistema completo de refrigeración (ver figura 1) que incluye un compresor, un condensador, evaporador, válvula de expansión (evaporación), refrigerante y tuberías, además de bomba de impulsión de agua a/desde el proceso, sistema electrónico de control del sistema, depósito de agua, gabinete eléctrico, etc.

Distintos procesos requieren alimentarse con distintos caudales, presiones y temperaturas de agua. El agua se puede enfriar a temperaturas finales que alcanzan los 20C o inclusive temperaturas negativas con la adición de anticongelantes, como por ejemplo -20C (20C bajo cero)".

Figura 1. Esquema general de un chiller<sup>12</sup>



Typical System Components, 30HXC206-271 Circuit A, With Economizer

<sup>12</sup>Tomado del manual de CARRIER: Catalog No. 533-00052, Controls Start-Up, Operation, Service, and Troubleshooting, , 2004, p. 107.

#### 4.1.4 Tipos de chiller?

Existen distintos tipos de chillers, entre ellos están:

Chillers enfriados por aire

Chillers enfriados por agua

Figura 2. Tipos de chillers<sup>13</sup>

##### **Chillers enfriados por aire**



##### **Chillers enfriados por agua**



<sup>13</sup> Tomado de:

[http://leaho.net/archivos\\_de\\_usuario/documentos/chillers.pdf?phpMyAdmin=093411692fb25daa0fa68be3bed4c609](http://leaho.net/archivos_de_usuario/documentos/chillers.pdf?phpMyAdmin=093411692fb25daa0fa68be3bed4c609),

recuperado el 25 de Noviembre de 2013.

#### 4.1.5 Principales componentes de un chiller<sup>14</sup>.

Principales componentes de un chiller:

- Compresor
- Intercambiador de calor (Condensador)
- Válvula de expansión
- Intercambiador de calor (Evaporador)
- Refrigerante
- Motores ventiladores
- Moto bomba
- Sistema de control

#### “EL COMPRESOR

El compresor es el corazón del sistema, ya que es el encargado de hacer circular al refrigerante a través de los diferentes componentes del sistema de refrigeración del “chiller”. Succiona el gas refrigerante sobrecalentado a baja presión y temperatura, lo comprime aumentando la presión y la temperatura a un punto tal que se puede condensar por medios condensantes normales (Aire o agua). A través de las líneas de descarga de gas caliente, fluye el gas refrigerante a alta presión y temperatura hacia la entrada del condensador.

(Ruben562, 2010)

<sup>14</sup>Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/27569443/Como-Funciona-Un-CHILLER>, recuperado el 5 de diciembre de 2013.

## EL EVAPORADOR

El Evaporador que es un intercambiador de calor del tipo casco y tubo su función es proporcionar una superficie para transferir calor del líquido a enfriar al refrigerante en condiciones de saturación. Mediante la línea de succión fluye el gas refrigerante como vapor a baja presión proveniente del evaporador a la succión del compresor es el componente del sistema de refrigeración donde se efectúa el cambio de fase del refrigerante. Es aquí donde el calor del agua es transferido al refrigerante, el cual se evapora al tiempo de ir absorbiendo el calor.

## EL CONDENSADOR

El condensador es el componente del sistema que extrae el calor del refrigerante y lo transfiere al aire o al agua. Esta pérdida de calor provoca que el refrigerante se condense. Su función es proporcionar una superficie de transferencia de calor, a través de la cual pasa el calor del gas refrigerante caliente al medio condensante. Mediante la línea de líquido fluye el refrigerante en estado líquido a alta presión a la válvula termostática de expansión.

## LA VALVULA TERMOSTATICA

La válvula termostática de expansión su finalidad es controlar el suministro apropiado del líquido refrigerante al evaporado, así como reducir la presión del refrigerante de manera que vaporice en el evaporador a la temperatura deseada.

## DISPOSITIVOS Y CONTROLES

Para que un enfriador de líquido trabaje en forma automática, es necesario instalarle ciertos dispositivos eléctricos, como son los controles de ciclo. Los controles que se usan en un enfriador son de acción para temperatura, llamados termostatos, de acción por presión llamados presostatos y de protección de falla eléctrica llamados relevadores. Los principales dispositivos y controles del un "chiller" son:1.- Termostatos.2.- Presostatos de baja presión.3.- Presostato de alta presión.4.- Calefactor de carter.5.- Filtro deshidratador de succión.6.- Filtro deshidratador de líquido.7.- Indicador de líquido o cristal mirilla.

Los termostatos son dispositivos que actúan para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio de temperatura, instalados en esta unidad, cierran un circuito (Conectan) con un aumento de temperatura y

lo interrumpirían (Desconectarán) con un descenso de temperatura. Un segundo tipo de control que se instala en la unidad son los presostatos (Baja presión, cuando se requiera y alta presión). El presostato de baja presión se conecta en la succión del compresor y éste opera (Abre el circuito) cuando existe una baja presión en el sistema, ya sea por una baja de temperatura en el fluido –Actúa como control de seguridad-, por falta de refrigerante o por alguna obstrucción en la línea de líquido o de succión. El presostato de alta presión actúa (Abre el circuito) como un dispositivo de seguridad al incrementar la presión a un nivel arriba de lo normal, este dispositivo es de restablecimiento manual, el disparo de alta presión puede ocasionarse por obstrucción en el condensador, altas temperaturas en el área de enfriamiento, malfuncionamiento de los abanicos, desajuste en la válvula de expansión, obstrucción en la línea de líquido, etc. El Gabinete encierra y protege los componentes de control y es el soporte de todos los componentes del equipo. El refrigerante extrae el calor del medio a enfriar y lo disipa en un medio enfriante como agua o aire”.

#### 4.1.6 Principios de automatización<sup>15</sup>.

Ya conocidos todos los elementos que hacen parte de un chiller es necesario contar con un sistema eléctrico de control que se encargue de hacer interactuar todos los componentes para cumplir con un objetivo, que en este caso es suministrar agua a una temperatura requerida, por lo cual se hace necesario automatizar dicha labor.

Veamos algunos conceptos básicos de automatización y control.

Automatización:

Automatizar simplemente es mejorar y simplificar los procesos, integrar procesos internos, ahorrar tiempo y dinero a través de los sistemas de información.

Automatización es el uso de una máquina o mecanismo diseñado para seguir un patrón determinado y una secuencia repetitiva de operaciones respondiendo a instrucciones predeterminadas, sustituyendo el esfuerzo físico humano o la rutina por la observación o toma de decisiones.

(Anoro, 2010-2011)

<sup>15</sup>Tomado de: <http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnologia/Tecnologia%20Industrial/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOMATICO.pdf>. recuperado el 23 de Octubre de 2013.

En nuestro caso, cuando hablamos de automatización nos referimos a la automatización del proceso de flujo de la información a través de la utilización de sistemas de información (programas o software).

En la automatización intervienen distintos elementos que interactúan entre sí para manipular una variable física como temperatura, presión, flujo, nivel, etc; como variable a controlar, elemento final de control, controlador, sensor, etc.

Introducción y definiciones de sistemas de control automático:

Automática:

Ciencia que trata de sustituir en un proceso al operador humano, por dispositivos mecánicos, eléctricos ó electrónicos.

Automatización:

Aplicación de la automática a los procesos industriales.

Sistema: Conjunto de elementos que relacionados entre sí ordenadamente, contribuyen a alcanzar un objetivo.

Sistema automático de control: Conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir, sin intervención de agentes

exteriores, corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

Sus aplicaciones son innumerables (en los hogares, procesos industriales,...), y tienen especial repercusión en el campo científico (misiones espaciales) y en avances tecnológicos (automoción). Surge así la regulación automática, que se dedicará al estudio de los sistemas automáticos de control.

Conceptos de control automático.

Variables del Sistema: Son las magnitudes que se someten a control y que definen su comportamiento (velocidad, temperatura, posición, nivel, flujo, etc).

En Regulación Automática, sólo se tendrá en cuenta la relación entrada/salida de los sistemas que se van a someter a control. Lo importante será entonces conocer cuál será la respuesta del sistema (salida) cuando se le comunica una cierta entrada.

Entrada.- Excitación que se aplica a un sistema de control desde una fuente de energía externa, con el fin de provocar una respuesta.

Salida.- Respuesta que proporciona el sistema de control.

Perturbación.-Señales no deseadas que influyen de forma adversa en el funcionamiento del sistema.

Diagrama de bloques(o diagrama funcional)

Es la forma de representación más sencilla de los sistemas de control, en el que se da una idea de las relaciones existentes entre la entrada y la salida de un sistema.

A cada componente del sistema de control se le denomina elemento, y se representa por un rectángulo. La interacción entre los bloques se representa por medio de flechas, que indican el sentido de flujo de la información.

El diagrama de bloques más sencillo es el bloque simple, que consta de un elemento, una sola entrada y una sola salida.

Figura 3. Diagrama de bloques sistema de control



*BLOQUE SIMPLE (O DE TRANSFERENCIA)*

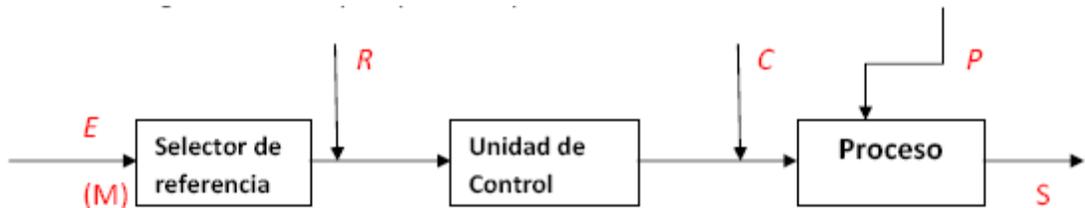
## TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL:

Los sistemas de control pueden ser:

DE LAZO (o BUCLE) ABIERTO.- Aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida, es decir, que la señal de salida no influye sobre la entrada.

Su diagrama de bloques puede representarse:

Figura 4. Diagrama sistema de control abierto.



Selector de referencia:

Evalúa la señal de mando para establecer una señal de referencia, que controlará todo el proceso. El elemento de control que se encarga de esta función es el transductor (adapta la naturaleza de la señal de entrada al sistema de control).

Unidad de control: Adapta convenientemente la señal de referencia para la que pueda actuar o controlar el proceso. El elemento que se encarga de esta función es el actuador.

Proceso: Realiza todas las acciones que sean necesarias para obtener la salida esperada.

En color rojo se identifican las señales que intervienen:

E= Señal de entrada ó "de mando"(determinará cuál será el nivel de salida deseado).Puede ser manipulada por el operador del sistema, para modificar convenientemente la salida.

S= Salida, ó "variable gobernada" (pues dependerá de la entrada ó señal de mando).

C= señal de control, o "variable manipulada", es la señal de referencia convenientemente tratada para que pueda actuar sobre el proceso del sistema de control.

R= señal de referencia, que guarda una relación directa con la señal de entrada.

P= perturbación, constituida por todas las señales indeseadas que afectan al proceso. Pueden ser internas o externas.

Ventajas e inconvenientes del S.de control en bucle abierto:

Ventajas: Facilidad de diseño.

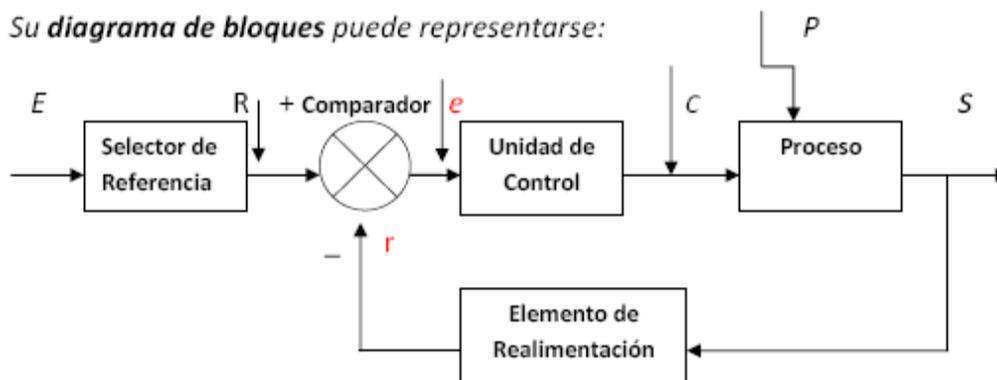
Inconvenientes: Incapacidad de respuesta ante perturbaciones.

DE LAZO (o BUCLE) CERRADO.- Aquellos en los que la acción de control depende en parte de la salida (parte de la señal de salida, convenientemente tratada, se realimenta introduciéndose de nuevo en el sistema como una entrada más).

Concepto de Realimentación: Propiedad por la cual se compara la salida con la entrada al sistema, de modo que se establezca una función entre ambas. También se la denomina "feedback".

Figura 5. Diagrama sistema de control cerrado.

*Su diagrama de bloques puede representarse:*



En color rojo (figura anterior) se identifican las nuevas señales que intervienen:

$r$  = Señal de realimentación.

$e$  = Señal de error (diferencia entre los valores de entrada y salida).  
Actúa sobre el sistema de control con el sentido de reducirse a cero y llegar a la salida de forma correcta.

Ventajas e inconvenientes del S.de control en bucle cerrado:

Ventajas: Mejor respuesta ante perturbaciones. Mejor precisión en la respuesta.

Inconvenientes: Dificultad en su diseño. Utilización de muchos componentes.

Descripción de los principales elementos de un sistema de control en bucle cerrado:

Transductor: Dispositivo (sensor) utilizado para acondicionar la señal de mando (entrada), para convertirla en una señal de referencia válida.

Regulador: Es el elemento más importante de un sistema de control. Condiciona la acción del elemento "actuador", en función del error obtenido. Su acción de control puede ser: On-Off, proporcional (p), derivativa (d), integral (i), ó una combinación de éstas (PD,PI,PDI).

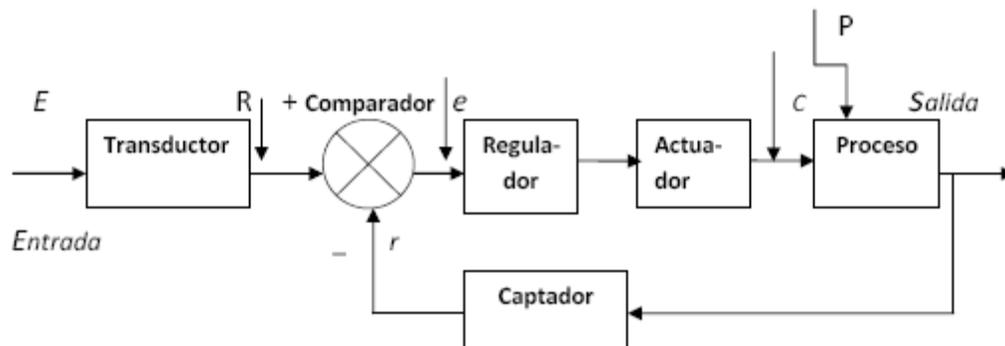
Actuador: Elemento final del sistema de control. Actúa directamente sobre el proceso ó sobre la salida.

Comparador (o detector de error): Elemento que compara la señal de referencia proveniente del selector de referencia, con la señal realimentada de la salida, usualmente controladores o PLC.

Captador: Dispositivo (sensor) utilizado en el bloque de realimentación.

Acondiciona la señal de salida para introducirla en el comparador.

Figura 6. Diagrama elementos sistema de control cerrado.



Como ya se mencionó anteriormente el elemento encargado de comparar la magnitud de la variable captada por el sensor y determinar la magnitud de la señal de salida del control es el PLC (Controlador Lógico Programable).

Un **controlador lógico programable**<sup>16</sup>, más conocido por sus siglas en inglés **PLC** (*Programmable Logic Controller*), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLCs son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

(Wikipedia, 2013)

<sup>16</sup>Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable) , recuperado el 24 de Octubre de 2013.

## **Relé Lógico Programable (PLR)<sup>16</sup>**

En los últimos años, unos productos pequeños llamados PLRs (relés lógicos programables), y también por otros nombres similares, se han vuelto más comunes y aceptados. Estos son muy similares a los PLC, y se utilizan en la industria ligera, donde sólo unos pocos puntos de E/S (es decir, unas pocas señales que llegan desde el mundo real y algunas que salen) están involucrados, y el bajo costo es deseado.

Estos pequeños dispositivos se hacen típicamente en un tamaño físico y forma común por varios fabricantes, y con la marca de los fabricantes más grandes de PLCs para completar su gama baja de producto final. La mayoría de ellos tienen entre 8 y 12 entradas digitales, 4 y 8 salidas discretas, y hasta 2 entradas analógicas. El tamaño es por lo general alrededor de 10 cm de ancho y 7,5 cm de alto y 7,5 cm de profundidad. La mayoría de estos dispositivos incluyen una pantalla LCD de tamaño pequeño para la visualización simplificada lógica de escalera (sólo una porción muy pequeña del programa está visible en un momento dado) y el estado de de los puntos de E/S.

<sup>16</sup>Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable](http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable) , recuperado el 24 de Octubre de 2013.

Normalmente estas pantallas están acompañados por una botonera basculante de cuatro posiciones más cuatro pulsadores más separados, y se usan para navegar y editar la lógica. La mayoría tienen un pequeño conector para la conexión a través de RS-232 o RS-485 a un ordenador personal para que los programadores pueden utilizar simples aplicaciones de Windows para la programación en lugar de verse obligados a utilizar la pantalla LCD y el conjunto de pequeños pulsadores para este fin. A diferencia de los PLCs regulares que son generalmente modulares y ampliables en gran medida, los PLRs son por lo general no modulares o expansibles, pero su precio puede ser dos órdenes de magnitud menos de un PLC y todavía ofrecen un diseño robusto y de ejecución determinista de la lógica.

## 4.2. MARCO INSTITUCIONAL

### 4.2.1 Misión Frio Aire.

Nuestra misión es brindar de forma eficiente y oportuna el servicio para sistemas de aire acondicionado y refrigeración industrial, basados en nuestra larga trayectoria y amplia experiencia. La estabilidad que ofrecemos a nuestros clientes se refuerza bajo dos pilares que son: la permanente capacitación de nuestro personal y la supervisión de todos los servicios que presentamos.

### 4.2.2 Visión

Lograremos ser una empresa reconocida por la excelente prestación del servicio y por la calidad de los productos, que contribuyen con la disminución de impactos medio ambientales. Esperamos que para el 2013 seamos líderes en el sector en cuanto al mantenimiento predictivo, concientizando a nuestros clientes en la importancia del mismo.

### 4.2.3 Valores corporativos

#### POLITICA DE CALIDAD

Frío Aire es una empresa dedicada a la fabricación de enfriadores de agua y a la importación, instalación, montaje, mantenimiento y reparación de equipos de aire acondicionado y refrigeración industrial. Nuestro compromiso con los clientes es brindar una excelente asesoría, prestación del servicio y productos de alta calidad, cumpliendo con las expectativas y necesidades de los clientes, a través del mejoramiento continuo de nuestros procesos y contando con un personal capacitado en las labores que desempeñan.

#### OBJETIVOS DE CALIDAD:

- Brindar una excelente asesoría
- Brindar un servicio con calidad
- Garantizar la calidad del producto
- Cumplir con las expectativas y necesidades de los clientes
- Mejorar continuamente los procesos
- Capacitar continuamente al personal

#### 4.2.4 Portafolio de servicios

Figura 7. Logo Frio Aire



Fundada en la ciudad de Medellín hace mas de 30 anos, Frio Aire S.C.S ha estado enfocada desde sus inicios en ofrecer servicios especializados en aire acondicionado y refrigeración industrial, logrando perfilarse hoy en día como una de las empresas líderes en este ámbito, razón por la cual maneja con grandes empresas contratos que se han extendido y renovado en su gran mayoría por más de diez anos. La empresa se ha destacado en el sector como una gran escuela para técnicos y mecánicos del ramo.

Hace ya varios anos el enfoque se extendió hacia los grandes proyectos e instalaciones de sistemas de aire acondicionado; con lo cual se conformo un gran equipo de ingeniería y de personal altamente capacitado, con lo que se ha incursionado con gran éxito en dichos proyectos, contando con el respaldo de importantes marcas como Trane,

Carrier, York, Robinaire, Tecumseh, Duham Bush, Grundfos, Armstrong, Therflow, Proyec, Soler&Palau, Loren Cook, Danfoss, Siemens, Honeywell, entre muchas otras.

#### SERVICIOS DE EXCELENCIA

Frio Aire cuenta con un equipo de ingeniería altamente experimentado, con el cual respalda y garantiza el éxito de todos sus proyectos. La empresa tiene la capacidad de realizar grandes instalaciones debido a la cantidad y calidad de su valioso recurso humano. Ofrece también servicios de mantenimiento a sistemas de aire acondicionado y refrigeración industrial, automatización, repotenciación y reposición de sistemas existentes.

El departamento de ingeniería de Frio Aire cuenta con un gran equipo de reconocida trayectoria en aire acondicionado, experiencia que permite contar con un capital humano de gran nivel y en permanente capacitación, bajo la premisa de que el personal es el activo más importante de la empresa, El departamento de servicios es atendido por profesionales expertos que están a cargo de la inspección inicial, análisis de las propuestas, determinación de procedimientos, desarrollo de intervenciones y entrega de todos los sistemas, garantizando que todos los proyectos sean exitosos compitiendo con estándares internacionales a precios asequibles.

Sumado a todo esto la empresa ha realizado grandes reparaciones a los equipos de compañías tales como la DIAN, las centrales hidroeléctricas de ISAGEN, EMTELCO, entre muchas otras. Así mismo, Frio Aire ha sido elegido por grandes compañías tales como interconexión eléctrica ISA, AIA, Concreto, Furel, Hospital San Vicente de Paul Medellín, Universidad cooperativa de Colombia, por su gran compromiso, calidad y cumplimiento en sus proyectos. Uno de los temas en lo que más se destaca la compañía es en los sistemas de agua helada; por ello, importantes empresas del sector de plásticos especialmente, que exigen atención 7x24 y disponibilidad permanente, han contratado sus servicios. Su oficina principal está ubicada en la ciudad de Medellín, pero han desarrollado proyectos en todo el país. La compañía cuenta con certificación ISO 9001, lo que regula y vigila la calidad en cada uno de sus procesos. (Revista Equipar Colombia, edición especial centros comerciales/climatización, Septiembre-Octubre 2013, p.74).

(EQUIPAR, 2013)

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

Para determinar el costo de oferta se solicitaran cotizaciones de los equipos necesarios para la automatización (ver tabla 2), del valor de chillers marca TRANE importados (ver tabla 3) y la mano de obra requerida la cual estimara de acuerdo al sueldo devengado por el personal técnico en Frio Aire y que sea necesario para dicha labor.

Realizar un estudio de factibilidad para culminar la etapa de pre inversión y diseño y tomar la decisión, si se continúa o no con el proyecto, en caso de ser afirmativo pasar a la otra etapa del ciclo de vida del proyecto.

Se realizara una búsqueda en internet con el fin de determinar si existen proyectos similares o patentes relacionadas con el tema y desarrollados en Colombia.

A través de consultas a otras empresas dedicadas al suministro e instalación de chillers en la ciudad de Medellín se confirmara si realizan o no la fabricación y automatización de chillers para la venta.

## 5.1 ESTUDIO DE MERCADO.

Para el estudio mercado se investigara en la base de datos de Frio Aire los chillers vendidos y con esta información se estimara la demanda de estos equipos de acuerdo a la cantidad vendida en un periodo determinado (ver tabla 1).

### 5.1.1 Estudio para el análisis de la demanda.

Para el análisis de la demanda se obtuvo de Frio Aire un listado de los equipos (chillers entre 1 y 10TR) solicitados por compañías del sector industrial y posteriormente vendidos en los periodos comprendidos entre los años 2011-2012 y 2012-2013.

### 5.1.2 Análisis de la oferta

Se realizó un estudio de precios de los enfriadores tipo chillers solicitando la lista de precios a la multinacional TRANE con sede en Bogotá (ver anexo A) y poder tener un punto de comparación con el precio que se ofrecerán de los chillers automatizados.

### 5.1.3 Análisis del precio.

El precio de los equipos y elementos requeridos para la automatización e indicados en los resultados del estudio técnico, se obtuvo de acuerdo a la cotización solicitada a los distintos proveedores de los insumos necesarios para la fabricación y automatización de los chillers de acuerdo al estudio técnico (ver anexo B).

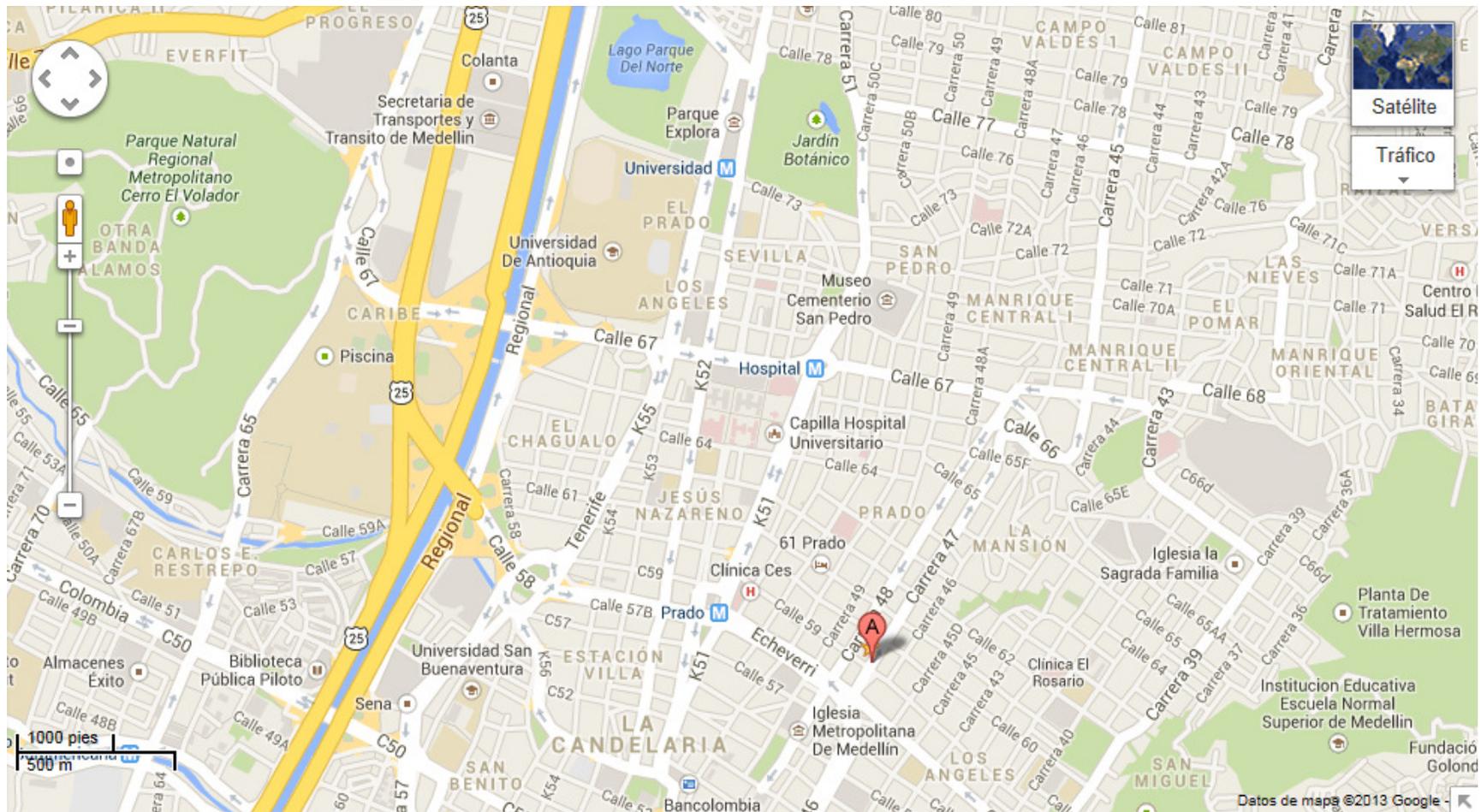
Luego de obtener los costos de los materiales se estimara la mano de obra requerida, el costo de la ingeniería y un porcentaje de utilidad que permita ofrecer una excelente alternativa a un precio menor que los chillers importados.

#### 5.1.4 Análisis del canal de distribución.

El canal de distribución será la empresa Frio Aire, ubicada en la Cr47 #59-17 en el barrio Prado centro (ver figura 8), desde allí se enviarán los chillers a las empresas de Medellín y el área metropolitana utilizando las camionetas de propiedad de Frio Aire.

Por estar ubicada en el centro de Medellín se hace fácil el envío de los equipos a cualquier lugar de la ciudad y su área Metropolitana, así como la recepción de materiales y equipos, además cuenta con fácil acceso a la avenida oriente, la regional y la autopista norte.

Figura 8. Ubicación geográfica Frio Aire Medellín<sup>17</sup>



<sup>17</sup> Tomado de: <https://maps.google.com/> , recuperado el 15 de Noviembre de 2013.

## 5.2 ESTUDIO TECNICO

Se identificaron los elementos requeridos para la automatización de los enfriadores tales como: componentes eléctricos, electrónicos, instrumentación, controlador, interface hombre maquina, diseños, software a utilizar, etc.

Luego de determinar cuales serian los elementos requeridos para la automatización, se solicitaron cotizaciones con el fin de poder analizar los costos, tiempos de entregas, proveedores, etc.

Se estimo la mano de obra de acuerdo al valor promedio devengado por personal calificado para dicha labor en Frio Aire.

Los recursos requeridos para implementar y poner en marcha el proyecto serán obtenidos de la empresa Frio Aire.

Localización: La implementación y el ensamble del chiller así como sus componentes de automatización se realizara en la empresa Frio Aire ubicada en la Cr 47 #59-17, Barrio Prado centro Medellín.

### 5.3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO

Con el fin de identificar los antecedentes de proyectos similares o patentes relacionadas con automatizaciones de chillers ensamblados en Medellín, se realizó una búsqueda sistemática en internet con el buscador google con las siguientes palabras “enfriadores de agua tipo chiller automatizados en Colombia” y se analizaron las similitudes con otros proyectos en caso de que lo haya.

También se realizó una consulta en las empresas “competencia” de Frio Aire que también se encargan de suministrar e instalar equipos de aire acondicionado tipo chillers para el sector comercial e industrial con el fin de determinar si estas empresas también ensamblan chillers y los automatizan; las empresas en las cuales se realizó la consulta son:

- Aire Ambiente
- Comercial y servicios LARCO
- AireNet
- Aires y Aires.

## 5.4 ESTUDIO FINANCIERO

A continuación se indicaran los ítems a tener en cuenta en el estudio financiero del proyecto, como los costos del material necesario para la automatización, administración, mano de obra, ingeniería, venta, ingresos y utilidades.

Se realizo el cálculo de indicadores como la TIR la VPN con los cuales se podrá determinar la viabilidad del proyecto.

Los costos de los materiales se obtuvieron a través de cotizaciones solicitadas a los distintos proveedores, la administración se deducirá en un porcentaje de acuerdo al tiempo dedicado a dicha labor por el personal de ingeniería, secretaria, contadora etc; la, mano de obra e ingeniería se presupuestara de acuerdo al salario devengado por el personal técnico y administrativo de Frio Aire y este será proporcional al tiempo dedicado al proyecto, incluyendo las prestaciones legales.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 ESTUDIO DE MERCADO

La lista analizada de chillers entre 1-10TR vendidos por Frio Aire entre los periodos 2011-2012 y 2012-2013 da como resultado que se vende en promedio: 1 chiller/3meses.

Tabla 1. CHILLERS VENDIDOS EN FRIOA AIRE 2011-2013<sup>D</sup>



CHILLERS VENDIDOS POR FRIO AIRE PERIODOS 2011-2012.					
ITEM	CLIENTE	TIPO EQUIPO	APACIDAD [TR]	FECHA	COTIZACION
1	PRODENVASES	CHILLER	5	10/09/2013	C0756
2	PLASTIQUIMICA	CHILLER	10	2011	-
3	EXTRUSIONES	CHILLER	10	12/12/2013	C0822
4	MUNDIPLAST	CHILLER	10	17/12/2013	C0824
5	FASHION	CHILLER	5	2012	-
6	CONTIFLEX	CHILLER	10	14/06/2012	C0469
7	INVESA	CHILLER	10	15/12/2011	C0598
8	INDUSTRIAS DE MALI	CHILLER	10	13/07/2013	-
9	PREBEL	CHILLER	10	08/12/2011	C0573
10	PLASTICOS MINI PET	CHILLER	5	10/02/2012	C0462
11	OMEPLAST	CHILLER	5	03/02/2012	C0635

<sup>D</sup> Tomado de los libros de cotizaciones aprobadas 2011-2012 y 2012-2013 de Frio Aire.

Tabla 2. Lista de precios chillers TRANE importado<sup>E</sup>

		Trane de Colombia S.A. NIT 930.022.219-1 Autopista Norte No. 100-27 Torre 2 Piso 19 Tel: (01) 661 73 72 Bogotá Avenida 3a. Norte No. 39-00 Tel: (2) 488 22 20	
<b>LISTA DE PRECIOS TRANE DE COLOMBIA*</b> VIGENTE HASTA MARZO 31 DE 2013			
PRECIOS PARA EQUIPOS LINEA RESIDENCIAL Y COMERCIAL LIGERA			
<b>PRECIOS NETOS - NO APLICAR DESCUENTOS NI MULTIPLICADORES ADICIONALES</b>			
<b>ENFRIADORES SCROLL CONDENSADOS POR AIRE 220/60/3 - KOOLMAN - BOMBA INSTALADA DE FABRICA</b>			
<b>LOS PRECIOS INCLUYEN ARRANQUE CHILLER Y DIFERENCIAL DE PRESION</b>			
5	CGAK0502D - R-22 / HASTA AGOTAR EXISTENCIAS		\$10,588,000
7.5	CGAK0752E - R-407C		\$17,369,000
10	CGAK1002E - R-407C		\$19,850,000
15	CGAK1502E - R-407C		\$27,642,000
20	CGAK2002E - R407C		\$30,871,000
25	CGAK2502E - R407C		\$37,657,000
<b>FAN COIL DE AGUA HELADA TIPO PARED 220/60/1 ( Incluye Control Remoto)</b>			
7000 BTU	CWHW0720A		\$722,000
9000 BTU	CWHW0920A		\$754,000
18000 BTU	CWHW1820A		\$1,107,000
<b>FAN COIL DE AGUA HELADA TIPO CASSETTE 220/60/1 (Incluye Control Remoto)</b>			
18000 BTU	CWCS1820B		\$2,059,000
24000 BTU	CWCS2420		\$2,313,000
40000 BTU	CWCS4020B		\$2,614,000
<b>FAN COIL DE AGUA HELADA TIPO OCULTO 220-240/60/1</b>			
control remoto, ni válvulas, ni plenum, ni filtro			No Incluyen
300 CFM	HFC03 -115 y 220V/1PH/60 - VERIFICAR DISPONIBILIDAD POR VOLTAJE		\$392,000
400 CFM	HFC04 -115 y 220V/1PH/60 - VERIFICAR DISPONIBILIDAD POR VOLTAJE		\$465,000
500 CFM	HFCF05		\$502,000
600 CFM	HFCF06		\$540,000
800 CFM	HFCF08		\$628,000
1000 CFM	HFCF10		\$739,000
1200 CFM	HFCF12		\$857,000
1400 CFM	HFCF14		\$905,000
<b>** LA NOVEDAD DE TRANE** TWF - SISTEMA DE AGUA VARIABLE - R-22</b>			
<b>TWF - CHILLER CONDENSADO POR AIRE - R-22 / 220/60/3 / INCLUYE SISTEMA DE CONTROL, ETHERNET Y SOFTWARE / INCLUYE ARRANQUE</b>			
9 TR	CGDK1202HEAZR0LRCS		\$14,834,000
13TR	CGDK1752HEBZR0LRCS		\$20,482,000
15 TR	CGDK2002HEBZR0LRCS		\$21,638,000
<b>TWF - Fan Coil de Pared, 208-230/60/1 - Control Remoto Inalambrico y válvula de 2 vias para instalar en campo</b>			
9000 BTU	FWH037XNNN0B20C		\$473,000
12000 BTU	FWH047XNNN0B20C		\$519,000
22000 BTU	FWH077XNNN0B20C		\$585,000
<b>TWF - Fan Coil tipo Cassette, 220-230/50-60/1 - Control Remoto Inalambrico y válvula de 2 vias para instalar en campo</b>			
12000 BTU	FWC048XNNNNE24C		\$920,000
18000 BTU	FWC068XNNNNE24C		\$1,252,000
24000 BTU	FWC088XNNNNE24C		\$1,291,000
33000 BTU	FWC128XNNNNE24C		\$1,399,000
<b>TWF -Fancoil Desnudo, 220/60/1 - con Válvula de 2 Vias y Termostato.</b>			
300 CFM	HFCF03L3NN2EENCNNS		\$646,000
500 CFM	HFCF05L3NN2EENCNNS		\$698,000
800 CFM	HFCF08L3NN2EENCNNS		\$872,000
1200 CFM	HFCF12L3NN2EENCNNS		\$990,000
<b>TWF - ACCESORIOS PARA SISTEMAS / VALVULAS DE 2 VIAS / SOFTWARE DE CONTROL</b>			
TLG234S2	Válvula de 2 vias para ID- Hallin		\$46,000
1010934503	Cable de comunicación RS485 (150 m)		\$188,000
4000-6001-01	Modulo Ethernet para software de control para VWF		\$198,000
4000-6006-02	Fuente de poder para modulo Ethernet		\$18,000
6900-047302	VWF 1.1 Software de Control (CD)		\$20,000

<sup>E</sup> Solicitado al departamento de ventas de TRANE de Colombia, en Marzo del 2013.

Tabla 3. Costo material chiller Frio Aire.

CHILLER DE 10 TR				
DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CONDENSADOR DE 10 TR	ROJAS HERMANOS	1	\$ 1,757,500	\$ 1,757,500
COMPRESOR DANFOSS 10 TR HENULICO SCROLL 3PH 220V-hsm 120	INVERPRIMOS	1	\$ 1,632,069	\$ 1,632,069
VALVULA EXPANSION DE 10 TR PARA R22 CON ESCUALIZADOR	INVERPRIMOS	1	\$ 120,000	\$ 120,000
FILTRO SECADOR DE 5/8" CORTO	INVERPRIMOS	1	\$ 15,000	\$ 15,000
INTERCAMBIADOR DE PLACAS 10 TR DANFOSS	TRS PARTES	1	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000
MOTOBOMBA IHM DE 1 HP 220 V	JAIME OCHOA	1	\$ 314,265	\$ 314,265
VALVULA DE PASO 5/8" ROSCAR	INVERPRIMOS	1	\$ 42,759	\$ 42,759
SUICHE DE FLUJO	INVERPRIMOS	1	\$ 142,586	\$ 142,586
GABINETE 50 x 30 x 20	EQUIELECT	1	\$ 108,500	\$ 108,500
CONTACTOR DE 12 AMP 3 PH BOB 220-bomba	SUMECOM	1	\$ 88,200	\$ 88,200
CONTACTOR DE 32 AMP 3 PH BOB 220- compresor	SUMECOM	1	\$ 233,920	\$ 233,920
BRECKER MATIC	INVERPRIMOS	1	\$ 92,000	\$ 92,000
PILOTOS VERDES A 220	EQUIELECT	2	\$ 3,600	\$ 7,200
RELE TERMICO 7 - 10A	SUMECOM	1	\$ 90,040	\$ 90,040
START - STOP	EQUIELECT	1	\$ 49,950	\$ 49,950
MINI BREACKER PARA RIEL OMEGA 3 x 63A	SUMECOM	1	\$ 86,520	\$ 86,520
CANALETA 25 x 60 GRIS, RANURADA	EQUIELECT	1	\$ 14,200	\$ 14,200
PLC+HMI	Medicion y Control	1	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
FRENO BORNERA	EQUIELECT	2	\$ 4,000	\$ 8,000
RIEL OMEGA	EQUIELECT	50 CM	\$ 3,000	\$ 3,000
BORNERA PORTAFUSIBLE	EQUIELECT	2	\$ 12,200	\$ 24,400
FUSIBLE DE 2 AMP	EQUIELECT	2	\$ 100	\$ 200
TEMPORIZADOR	INVERPRIMOS	1	\$ 13,000	\$ 13,000
MULETILLAS DE 2 POSICIONES	EQUIELECT	1	\$ 28,500	\$ 28,500
MARQUILLAS	OH ACRILICOS	5	\$ 4,000	\$ 20,000
BORNERAS 10 A	EQUIELECT	6	\$ 2,600	\$ 15,600
CABLE # 16 NEGRO	EQUIELECT	20 mt	\$ 8,000	\$ 7,440
CABLE # 16 ROJO	EQUIELECT	20 mt	\$ 8,000	\$ 7,440
CABLE # 10 NEGRO	EQUIELECT	10mt	\$ 1,517	\$ 15,170
CABLE # 12 NEGRO	EQUIELECT	10mt	\$ 1,043	\$ 10,430
BASE CORREDILLAS	EQUIELECT	10	\$ 166	\$ 1,660
CORREDILLAS	EQUIELECT	10	\$ 40	\$ 400
BASE CHILLER	FERROSVEL	1	\$ 52,000	\$ 52,000
PATAS CAUCHO	CAUCHOS MALACA	4	\$ 4,500	\$ 18,000
TUBERIA DE COBRE	INVERPRIMOS	1	\$ 50,000	\$ 50,000
REFRIGERANTE R22	INVERPRIMOS	1	\$ 45,000	\$ 45,000
ADAPTADOR HEMBRA DE 1"	ACUAMETRO	2	\$ 3,000	\$ 6,000
ADAPTADOR MACHO DE 1"	ACUAMETRO	2	\$ 3,000	\$ 6,000
UNIVERSAL 1"	ACUAMETRO	2	\$ 2,000	\$ 4,000

DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CODO 1"	ACUAMETRO	5	\$ 1,200	\$ 6,000
TUBO 1"	ACUAMETRO	3MT	\$ 16,000	\$ 16,000
RUBATEX 1 1/8"	INVERPRIMOS	2	\$ 4,600	\$ 9,200
AISLAMIENTO INTERCAMBIADOR	INVERPRIMOS	1	\$ 5,000	\$ 5,000
MANGUERA COOPEX 3/4"	EQUIELECT	1MT	\$ 3,400	\$ 3,400
MANGUERA COOPEX 1/2"	EQUIELECT	1MT	\$ 2,700	\$ 2,700
CONECTORES CURVO 1/2"	EQUIELECT	2	\$ 2,200	\$ 4,400
CONECTORES RECTO 1/2"	EQUIELECT	2	\$ 1,400	\$ 2,800
CONECTORES CURVO 3/4"	EQUIELECT	2	\$ 3,200	\$ 6,400
CONECTORES RECTO 3/4"	EQUIELECT	2	\$ 2,400	\$ 4,800
CAJA DE 4x4	EQUIELECT	1	\$ 2,100	\$ 2,100
PRENSAESTOPA	EQUIELECT	2	\$ 730	\$ 1,460
TANQUE FIBRA DE 250 LITROS CON ACCESORIO	FIBESA	1	\$ 120,000	\$ 120,000
TORNILLERIA	MUNDIAL DE TORNILLOS	1	\$ 5,000	\$ 5,000
MANO DE OBRA FABRICACION	FRIO AIRE	15 DIAS	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
CONTROL DE PRESION DE BAJA	INVERPRIMOS	1	\$ 12,000	\$ 12,000
CONTROL DE PRESION DE ALTA	INVERPRIMOS	1	\$ 12,000	\$ 12,000
ANTICORROSIVO	PINTURAS LUIS POSADA	1/4	\$ 6,000	\$ 6,000
AEROSOL	PINTURAS LUIS POSADA	2	\$ 15,000	\$ 30,000
			<b>VALOR TOTAL</b>	<b>\$ 9,280,209</b>
			<b>VALOR CON IVA</b>	<b>\$ 10,765,042</b>

El valor del costo total de la fabricación y automatización de un enfriador de agua tipo chiller con capacidad de enfriamiento de 120.000BTU/h se obtuvo de la tabla 3, donde se especifica o describe el equipo o elemento, el proveedor, el valor unitario, la cantidad requerida y el valor total.

De acuerdo a los costos del material de la tabla 3 podemos apreciar que están muy por debajo de los costos de un chiller de 10TR de la tabla 2,

por lo cual se podría vender un chiller automatizado con una utilidad del 40% y seguiría estando por debajo del equipo similar marca TRANE importado, haciendo el proyecto viable a primer vista.

## 6.2 ESTUDIO TECNICO

Con el fin de identificar los aspectos necesarios como materiales, mano de obra, conocimiento previo, ejecución y puesta en marcha para la automatización de un chiller, a continuación se realiza una explicación técnica de los equipos o elementos que intervienen en el proyecto de automatización de enfriadores tipo chillers condensados por aire.

### 6.2.1 ASPECTOS TECNICOS

#### DISEÑO TÉCNICO

Para la implementación del proyecto de factibilidad para la automatización del enfriador de agua tipo chiller se utilizaran los siguientes elementos, que interactuaran entre si de forma autónoma

para garantizar las condiciones de temperatura, flujo, presión, voltajes etc, requeridas para garantizar la temperatura del agua deseada:

1. Controlador o relé programable (LOGO! Marca SIEMENS).

Figura 9. PLC<sup>18</sup>



<sup>18</sup> Tomado de:

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/Pages/LOGO.aspx>, recuperado el 12 de diciembre de 2013.



4. Elementos de maniobra eléctrica como: breakers, contactores, relés térmicos, chequeadores de fases eléctricas.
5. Sensores de presión (Presostatos de alta y baja para refrigerante R22).

Figura 12. Presostatos<sup>21</sup>



6. Cableado eléctrico de potencia y control.
7. Tablero de potencia y control.
8. Suiche de flujo.

Figura 13. Suiche de flujo<sup>22</sup>



<sup>21</sup> Tomado de: [http://inverprimos.com/presostatos-tipo-pila-r22---articco\\_3\\_1460\\_76\\_3](http://inverprimos.com/presostatos-tipo-pila-r22---articco_3_1460_76_3)

<sup>22</sup> Tomado de: [http://www.catalogodebombasdeagua.com/productos-switch\\_control\\_de\\_fujo\\_flow\\_switch.html](http://www.catalogodebombasdeagua.com/productos-switch_control_de_fujo_flow_switch.html)

Estos elementos se instalaran en los chillers fabricados por la empresa Frio Aire y reemplazaran el sistema de control antiguo que no contaba con un rele programable ni una pantalla HMI lo que impedía visualizar, estados, alarmas y diagnósticos para mantenimiento ya que no cuentan con una HMI.

Todos estos elementos interactúan a través del rele programable que se encarga de mantener la temperatura en el punto deseado y garantizando un funcionamiento seguro del equipo y para las personas.

Descripción y funcionamiento de la automatización en el chiller:

Con el fin de mantener la temperatura de retorno del agua del chiller se debe disponer de un sistema automatizado que garantice las condiciones deseadas en el agua, dicho sistema se detallara a continuación de la siguiente forma:

Elementos del chiller:

1. Sistema de enfriamiento:

Se cuenta inicialmente con un chiller con capacidad de enfriamiento de 120.000BTU/h, el cual esta compuesto de un chasis, un compresor hermetico scroll, trifásico, a 220vac, para trabajo con refrigerante R22, un intercambiador de calor (condensado por aire) con sus respectivos ventiladores, una válvula de expansión, un intercambiador de calor de placas (evaporador), válvulas de corte, filtro secador y tubería de refrigeración con aislante térmico.

2. Sistema hidráulico:

El sistema hidráulico esta compuesto por una moto-bomba centrifuga con motor de  $\frac{3}{4}$  de HP, 220vac, monofásica, tubería de succión y descarga en PVC con su respectivo aislante térmico y accesorios para el montaje de un suiche de flujo.

3. Sistema de potencia

Incluye un protector termomagnético (breaker), un contactor con relé térmico para la moto-bomba, un contactor para el compresor y los ventiladores y un chequeador de fases para evitar que el compresor scroll gire en sentido contrario.

Elementos requeridos para la automatización:

#### 4. Sistema de control:

El sistema de control incluirá un relé programable o PLC con su respectiva HMI, un sensor de presión alta para refrigerante R22, un sensor de presión baja, un sensor de temperatura de suministro, un sensor de temperatura de retorno y un suiche de flujo, estos elementos serán montados en un gabinete eléctrico que a su vez será instalado en el chiller.

- Relé programable logo! Marca siemens:
- HMI
- Software de programación para rele programable
- Cable Ethernet para programación del rele programable
- Cable HMI-LOGO!
- Fuente 24vdc
- Breaker:
- Contactor para compresor
- Contactor para moto-bomba
- Rele térmico para moto-bomba
- Chequeador de fases (breakermatic)
- Presostato de baja para refrigerante r22

- Presostato de alta para refrigerante r22
- Sensor de temperatura de suministro del agua
- Sensor de temperatura de retorno del agua
- Suiche de flujo de paleta
- Gabinete eléctrico
- Canaleta, riel omega, cable de potencia y control, borneras, marcaciones para cable eléctrico, marcaciones para borneras, portafusibles para riel omega, fusibles, frenos para borneras.

Además de los elementos mencionados anteriormente se deberán tener en cuenta el estudio financiero el costo de la mano de obra, diseño, ingeniería, diagramas eléctricos, administración, imprevistos y utilidades.

Antes de diseñar el software se realizara un diagrama eléctrico de potencia y control donde se puedan identificar los componentes eléctricos, controlador, sensores, etc y sus respectivas conexiones.

Luego se diseñara el software de control de lazo cerrado en el rele programable o PLC el cual se encargara de recibir todas las señales de los sensores y dispositivos de seguridad, compararlas con los valores

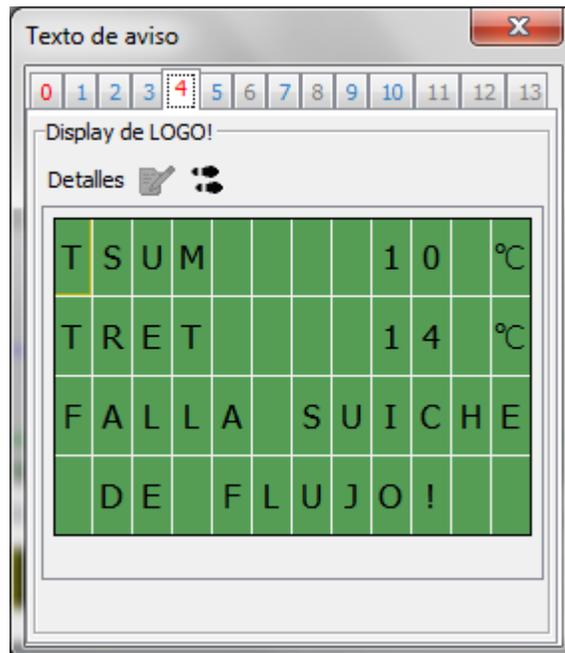
deseados para enviar las señales de funcionamiento a la bomba, compresor, y ventiladores del condensador.

Si el PLC detecta a través del suiche de flujo que no hay agua circulando por el sistema dará la señal de paro al compresor, a demás podrá generar las siguientes alarmas en caso de presentarse:

- Perdida de fase eléctrica, inversión de fase o caída de voltaje -falla detectada con el chequeador de fases (breakermatic)).
- Alta presión en el sistema de refrigeración, por tratarse de un chiller que trabaja con refrigerante R22 esta alarma se genera cuando la presión de descarga del compresor supere los 350PSIG.
- Baja presión en el sistema de refrigeración, por tratarse de un chiller que trabaja con refrigerante R22, esta alarma se genera cuando la presión de succión del compresor baje de 25PSIG.
- Disparo rele térmico moto-bomba, esta alarma se genera cuando el rele térmico detecte un elevado consumo de corriente en el motor de la bomba.

- Baja temperatura, esta alarma se genera cuando la temperatura de suministro del agua se encuentre por cerca a la temperatura de congelación del agua (este valor se podrá ajustar en el PLC y por lo general es 4°C).
- Alta temperatura, esta alarma se genera cuando la temperatura de salida del agua se encuentre muy por encima del valor ajustado, por lo general 10°C por encima del set point).
- Perdida de flujo en el evaporador o falla suiche de flujo.

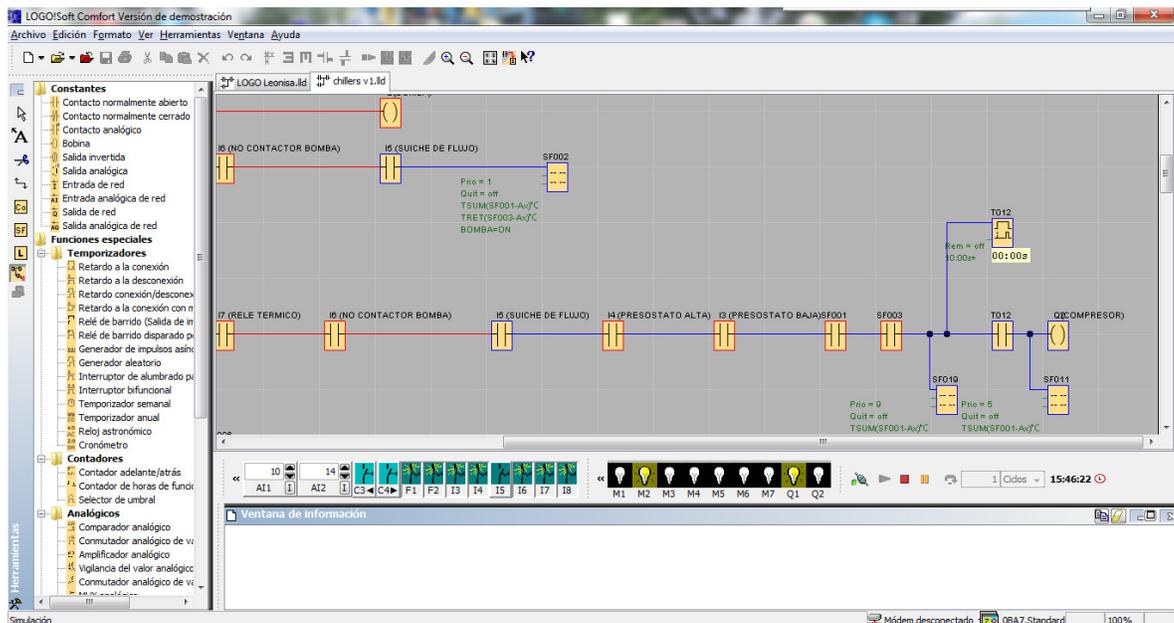
Figura 14. Indicación alarma perdida de flujo.



El controlador escogido es el relé programable LOGO! de Siemens, ya que es un controlador versátil, de bajo costo, de fácil programación y de fácil adquisición en el mercado local.

La programación de este controlador se realiza a través de un lenguaje ladder o en escalera con el mismo software suministrado por el fabricante.

Figura 15. Programación PLC en lenguaje escalera.



Software de programación Logo!Soft Comfort V7.0 de SIEMENS para PLC LOGO! de SIEMENS, en lenguaje ladder o escalera.



De acuerdo al estudio técnico donde se identifican los equipos, instrumentos y control utilizados para la automatización, el costo de estos equipos, la facilidad de conseguirlos en el ámbito local y a un buen precio hacen que el costo definitivo de un chiller automatizado siga estando por debajo del costo de uno importado (ver tabla 3).

Todos los elementos de instrumentación y control son de marcas reconocidas a nivel internacional, como Siemens, National Instruments, Centelsa, Schneider Electric, Legrand etc lo cual garantiza la calidad y el óptimo funcionamiento del sistema.

## 6.3 ESTUDIO ADMINISTRATIVO

### 6.3.1 Búsqueda de patentes

Luego de realizar la búsqueda en internet a través de google con las siguientes palabras claves “enfriadores de agua tipo chiller automatizados en Colombia” se obtuvieron 773 resultados de los cuales se analizaron las siguientes 5 páginas, dando como resultado que si se encuentran chillers automatizados en Colombia pero fabricados en el exterior y que se han realizado proyectos como la automatización de sistemas de bombeo y otros diversos temas que a pesar de tratar el mismo tema de este proyecto “Automatización” no está enfocado al control de temperatura del agua suministrada por el chiller, presiones, flujo, suministro eléctrico, corriente eléctrica, etc, de forma automática.

- <http://www.ecochillers.net/?gclid=CNWF9fqQprsCFShk7AodjFYA7g>
- [http://www.carrier23xrvchiller.com/?gclid=CNX\\_742RprsCFW0V7AodRHcAIA](http://www.carrier23xrvchiller.com/?gclid=CNX_742RprsCFW0V7AodRHcAIA)
- <http://www.vicot.es/faq.html>
- <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CEwQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.danfoss.com%2FNR%2Frdonlyres%2F3712E377-A73F-4DD6-9086->

[840E766FBB5C%2F0%2FDEAedi%25C3%25A7%25C3%25A3o12.pdf&ei=-](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=11&ved=0CEMQFjAAOAO&url=http%3A%2F%2Fbdigital.uao.edu.co%2Fbitstream%2F10614%2F337%2F1%2FT0003071.pdf&ei=ZUmnUpvgFMLAkQfhvYC4DQ&usg=AFQjCNHdQwuUy7hqvv7lqvhr Prdk T6RA&sig2= nqApIJoRamXcueveyTcuQ)

[EanUouYGIWdkQfJtYGYDA&usg=AFQjCNHH9xufr0J8xZIn7Ueu6VAE67q og&sig2=-](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=11&ved=0CEMQFjAAOAO&url=http%3A%2F%2Fbdigital.uao.edu.co%2Fbitstream%2F10614%2F337%2F1%2FT0003071.pdf&ei=ZUmnUpvgFMLAkQfhvYC4DQ&usg=AFQjCNHdQwuUy7hqvv7lqvhr Prdk T6RA&sig2= nqApIJoRamXcueveyTcuQ)

[NfzK2AyrceCxS4DCvIhLA&bvm=bv.57799294,d.eW0](http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=11&ved=0CEMQFjAAOAO&url=http%3A%2F%2Fbdigital.uao.edu.co%2Fbitstream%2F10614%2F337%2F1%2FT0003071.pdf&ei=ZUmnUpvgFMLAkQfhvYC4DQ&usg=AFQjCNHdQwuUy7hqvv7lqvhr Prdk T6RA&sig2= nqApIJoRamXcueveyTcuQ)

- <http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=11&ved=0CEMQFjAAOAO&url=http%3A%2F%2Fbdigital.uao.edu.co%2Fbitstream%2F10614%2F337%2F1%2FT0003071.pdf&ei=ZUmnUpvgFMLAkQfhvYC4DQ&usg=AFQjCNHdQwuUy7hqvv7lqvhr Prdk T6RA&sig2= nqApIJoRamXcueveyTcuQ>

### 6.3.2 Resultado de patentes.

En vista de que no se encontraron proyectos o trabajos similares se puede deducir que tampoco hay patentes en Colombia relacionadas con la automatización de chillers ensamblados localmente.

Luego de consultar en otras empresas similares a Frio Aire como Aire Ambiente, Larco, Airenet y Aires y Aires y cuyo objeto también es el suministro, instalación y mantenimiento de equipos de aire acondicionado para los sectores residencial, comercial e industrial se evidencio que estas empresas no fabrican chillers y mucho menos los

automatizan solo los importan con proveedores como TRANE, CARRIER, YORK, etc.

Además no se encontraron patentes relacionadas con la automatización de chillers con los equipos discriminados en el estudio técnico en el ámbito local.

#### 6.4 ESTUDIO FINANCIERO

Presupuesto de inversiones

Inversiones fijas: Materiales (PLC, HMI, sensores, gabinete, etc).

Terrenos: No se realizara este tipo de inversión ya que se cuenta con las instalaciones de Frio Aire para la ejecución de este proyecto.

Obras civiles: no son necesarias, ya que el taller de Frio Aire cuenta con suficiente espacio, además del suministro eléctrico necesario para la ejecución de este proyecto.

Maquinaria y equipo: para la ejecución del proyecto es necesario el siguiente equipo:

- Taladro
- Brocas

- Extensión eléctrica
- Juego de perilleros
- Destornilladores
- Llaves exágonas

Mano de obra Instalación: Se utilizara la mano de obra del personal técnico de Frio Aire.

Pruebas y puesta en marcha: Se estima una tiempo de aproximadamente 1 día de 2 Técnicos para esta actividad.

Resumen de las inversiones:

Tabla 4. Presupuesto de inversiones

PRESUPUESTO DE INVERSIONES						
MESES	0	1	2	3	4	5
HERRAMIENTA	350.000,00					
MONTAJE	370.000,00	370.000,00	370.000,00	370.000,00	370.000,00	370.000,00
PUESTA EN MARCHA	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00	350.000,00
CAPACITACION	280.000,00	-	-	-	-	-
MATERIA PRIMA	1.975.000,00	1.971.000,00	1.971.000,00	1.971.000,00	1.971.000,00	1.971.000,00
CARTERA	475.000,00	475.000,00	475.000,00	475.000,00	475.000,00	475.000,00
FLUJO DE INVERSIONES	\$ (3.800.000,00)	(3.166.000,00)	(3.166.000,00)	(3.166.000,00)	(3.166.000,00)	(3.166.000,00)

## INGRESOS

Se estima vender un chiller automatizado cada 3 meses a un costo de \$16'500.000 por lo cual se promedia el ingreso mensual en \$5'500.000



De acuerdo al cálculo realizado en el cual se estimo el valor presente neto VPN y este dio como resultado un valor mayor que cero, al igual que la TIR, podemos concluir que el proyecto es viable.

Sin embargo se debe aclarar que no se tuvieron en cuenta gastos como Arriendo de bodega, servicios públicos pues estos son soportados por Frio Aire y no serán deducibles de los costos de la automatización.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del estudio financiero donde se evaluaron la TIR y el VPN dando valores  $>0$  podemos concluir que el proyecto es viable.

Si el proyecto no se realizara con el apalancamiento de Frio Aire se deberían realizar nuevamente el cálculo de TIR y VPN con el fin de analizar otro escenario, donde sería necesario incluir gastos como arriendo, servicios, transporte equipos, nomina del personal que se dedique solo a la fabricación de chillers y automatización, etc.

También es importante aclarar que dicho proyecto no genera perdidas cuando no se esté ejecutando ya que el personal encargado de realizarlo estaría a cargo de otras actividades como arranque de equipos o mantenimiento dentro de la compañía Frio Aire.

## 8. RECOMENDACIONES

Con el fin de mantener un precio competitivo y que esté por debajo de los chillers importados, se recomienda actualizar cada 6 meses las cotizaciones de los equipos suministrados por los distintos proveedores y se igual forma actualizar los precios en las propuestas enviadas a los clientes.

Es importante realizar un estudio periódicamente con el fin de evaluar los costos de los chillers importados por otras empresas y asegurarse que el precio ofertado sea menor que los importados para ofrecerle una alternativa viable a los clientes, incluso enviarle las dos alternativas (chiller importado y chiller fabricado en Frio Aire).

Con el fin de apalancar el proyecto se sugiere programar visitas con nuevos clientes a empresas donde ya se encuentran funcionando chillers fabricados en Frio Aire y así puedan ver de primera mano el desempeño de estos e indicarles que con la automatización tendrán mejor desempeño y garantía.

## BIBLIOGRAFIA

- Anoro, J. M. U. (2010-2011). *Sistema automaticos de control*. Retrieved Noviembre, 2013, from <http://ieshuelin.com/huelinwp/download/Tecnologia/Tecnologia%20industrial/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOMaTICO.pdf>
- chiller, T. *Que es un chiller*. Retrieved Diciembre, 2013, from <http://www.todochiller.com.ar/Teoria.html>
- EQUIPAR. (2013, SEPTIEMBRE-OCTUBRE 2013). *EQUIPAR*, 9, 74-75.
- Ozono, U. T. d. (2005). *BUENAS PRÁCTICAS EN REFRIGERACIÓN, RECUPERACIÓN Y RECICLAJE DE REFRIGERANTES*: UTO y Ministerio de medio ambiente.
- ozono, u. t. d. (2006). *El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales, unidad técnica de ozono, ministerio de ambiente*.
- Ruben562. (2010). *Como funciona un chiller*, 2013, from <http://es.scribd.com/doc/27569443/Como-Funciona-Un-CHILLER>
- Santos, T. S. (2008). *Estudio de factibilidad de un proyecto de inversión: etapas en su estudio en Contribuciones a la Economía*. Retrieved 19 de Noviembre, 2013, from <http://www.eumed.net/ce/2008b/>
- Wikipedia, c. d. (2013). *Controlador lógico programable*. Retrieved 29 de Noviembre 2013, 2013, from [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable&oldid=71075700](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Controlador_l%C3%B3gico_programable&oldid=71075700)