



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE
MONITOREO Y REGISTRO DE LOS
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO
DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE
AVES BENEFICIADAS EN LA EMPRESA
MATADERO DEL CAMPO, C.A**



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DE LOS
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DE AVES BENEFICIADAS EN LA EMPRESA
MATADERO DEL CAMPO, C.A**

Empresa: Matadero del Campo, C.A.

Autora: Diana Moncaleano

C.I. 24.424.421

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y REGISTRO DE LOS
PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DE AVES BENEFICIADAS EN LA EMPRESA
MATADERO DEL CAMPO, C.A

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN


Tutor académico, Ing. Marlene Zambrano C.I: 7.066.117


Tutor empresarial, Ing. Aljvel Colina C.I: 13.865.514



Autora: Diana Moncaleano
C.I. 24.424.421

San Diego, octubre de 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios, primeramente, que todo por cada una de sus bendiciones y porque sin Él nada de esto hubiese sido posible.

A mi familia, por su apoyo inigualable en el trascurso de mi vida y en cada paso de mi carrera universitaria.

A mi tutora académica, la profesora Marlene Zambrano, por enseñarme los conocimientos necesarios para cumplir con los objetivos de este informe y brindarme herramientas de trabajo que trascenderán en el futuro de mi carrera profesional.

A mi tutora empresarial, la ingeniera Alibel Colina, por enseñarme los conocimientos técnicos necesarios, del área de servicios industriales, para desarrollar esta propuesta, e incentivar me a hacer esto cada vez mejor.

A cada una de las personas del departamento de mantenimiento de la empresa Matadero del Campo, C.A, que día a día colocaron su grano de arena para que alcanzará mis objetivos y su ayuda fue incondicional.

A la empresa Matadero del Campo, C.A y sus colaboradores, por recibirme como pasante y haber prestado el apoyo necesario durante el periodo de pasantías.

Y, por último, a la Universidad José Antonio Páez, por haberme formado profesionalmente como Ingeniero Electrónico.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I LA EMPRESA	
1.1 Descripción de la empresa	4
1.2 Reseña histórica	5
1.3 Capacidad de operativa de la empresa	5
1.4 Procesos básicos.....	5
1.5 Actividad comercial	6
1.6 Política de calidad	6
1.7 Política de seguridad, salud, higiene y ambiente	7
1.8 Misión de la empresa	7
1.9 Visión de la empresa	7
1.10 Valores de la empresa	7
1.11 Estructura organizacional general de la empresa	8
1.12 Organigrama del departamento donde se realizará las pasantías	9
1.13 Misión del departamento de mantenimiento	9
1.14 Visión del departamento de mantenimiento.....	10
1.15 Actividades desarrolladas durante el periodo de las pasantías.....	10
II EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento del problema.....	11
2.2 Formulación del problema	13
2.3 Objetivos de la investigación	13
2.3.1 Objetivo general.....	13

2.3.2 Objetivos específicos	13
2.4 Justificación de la investigación.....	14
2.5 Alcance.....	15

III MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes	16
3.2 Bases Teóricas.....	19
3.2.1 Sistema de supervisión industrial.....	19
3.2.1.1 Beneficios de la supervisión industrial	20
3.2.2 Supervisión y monitorización	20
3.2.3 Sistema de monitorización industrial.....	21
3.2.3.1 Beneficios de los sistemas de monitoreo industrial	21
3.2.4 Refrigeración.....	22
3.2.5 Sistema de Refrigeración	23
3.2.6 Refrigeración mecánica.....	23
3.2.6.1 Clasificación de los sistemas de refrigeración mecánica	24
3.2.7 Refrigeración industrial o comercial.....	24
3.2.7.1 Clasificación de circuitos de refrigeración industrial.....	25
3.2.8 Sistema de refrigeración por compresión.....	26
3.2.8.1 Componentes de circuitos de refrigeración industrial por compresión.....	27
3.2.9 Parámetros que se deben monitorear en un sistema de refrigeración	30
3.2.9.1 Temperatura	30
3.2.9.2 Presión.....	31
3.2.9.3 Otros parámetros de monitoreo.....	32
3.3 Factores de riesgo a considerar para diseñar una aplicación SCADA	33
3.4 Principios generales de diseño de un SCADA.....	33
3.5 Principios de dialogo a considerar para diseñar un SCADA	35
3.6 Uso adecuado de los elementos gráficos en el diseño de un SCADA	36
3.7 Definición de términos básicos.....	37

IV MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación	38
4.2 Diseño de la investigación	39
4.3 Nivel de la investigación.....	39
4.4 Fases de la investigación.....	40

V RESULTADOS

5.1 Fase I: Diagnóstico de la problemática existente con respecto al monitoreo y registro de las variables en el sistema de refrigeración de aves beneficiadas de la empresa Matadero del Campo, C.A.	42
5.2 Fase II: Determinación de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas a ser monitoreados y registrados.	60
5.3 Fase 3: Estudio de la factibilidad técnica, económica y operativa del sistema de monitoreo propuesto.	73
5.4 Fase IV: Desarrollo de la aplicación de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas.	83

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	96
Recomendaciones.....	97

REFERENCIAS

Impresas.....	98
Electrónicas.....	99

ANEXOS

A. Mediciones diarias del sistema de refrigeración MDC.....	100
B. OTP de servicios industriales.....	103
C. Control de las OTP asignadas MDC.....	106
D. Indicadores de gestión.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	PP.
1	Parámetros a monitorear del compresor 150 HP de agua fría	61
2	Parámetros a monitorear del compresor 250 HP de hielo en escama	62
3	Parámetros a monitorear del compresor 500 HP del rechiller	63
4	Parámetros a monitorear del compresor 500 HP para la cava 3	64
5	Parámetros a monitorear del rechiller	65
6	Parámetros a monitorear del indicador de temperaturas	65
7	Parámetros a monitorear del sistema de las cavas de congelación	66
8	Parámetros a registrar del compresor 150 HP de agua fría	67
9	Parámetros a registrar del compresor 250 HP de hielo escama.....	68
10	Parámetros a registrar del compresor 500 HP del rechiller	69
11	Parámetros a registrar del compresor 500 HP de la cava 3	70
12	Parámetros a registrar en el sistema del rechiller	71
13	Parámetros a registrar en indicador de temperaturas	71
14	Parámetros a registrar en el sistema de las cavas de congelación	72
15	Especificaciones técnicas del software Wonderware Intouch	75
16	Especificaciones técnicas Switch	77
17	Computadora para monitoreo	77
18	Costos asociados al proyecto propuesto	80
19	Listado de pantallas del sistema	84

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PP.
1	Ubicación de la empresa Matadero del Campo, C.A.	4
2	Organigrama general de Matadero del Campo, C.A.	8
3	Organigrama del departamento de mantenimiento de la empresa Matadero del Campo, C.A.	9
4	Monitorización y supervisión	20
5	Ciclo básico de refrigeración mecánica.....	23
6	Refrigeración industrial o comercial	24
7	Diagrama de sistema multieaporador de tres temperaturas, con un solo condensador enfriado por agua y un compresor	25
8	Chiller de agua helada	26
9	Compresores de tornillo.....	27
10	Condensador termodinámico.....	28
11	Principios básicos para diseñar una aplicación.....	34
12	Compresor para el sistema de cavas de congelación conjunto con su panel de operador.....	43
13	Compresor para el sistema de reenfriamiento de agua conjunto con su panel de operador.....	44
14	Compresor para la planta de hielo en escama conjunto con su panel de operador	45
15	Compresor para el área de agua fría conjunto con su panel de operador	46
16	Panel de operador de los compresores Fricks.....	47
17	Tendencia histórica de variables módulos Fricks.....	48
18	Tendencia histórica de variables módulos Fricks.....	48
19	Configuración de tendencias módulos Fricks.....	49

20	Rechiller.....	49
21	Panel de operador del rechiller	50
22	Sensor LLSS para el tanque recibidor	51
23	Sistema de supervisión actual de la cava 3 y despresado	51
24	Panel de visualización ubicado en sala de máquinas.....	52
25	Pantalla del separador de -10°C.....	53
26	Pantalla del separador -35°C.....	53
27	Pantalla de compresores Sabroe	54
28	Pantalla de compresores Fricks	54
29	Pantalla de condensadores evaporativos.....	55
30	Compresores Sabroe de alta y baja presión para los túneles 1 y 2	56
31	Tablero de control para compresores de alta y baja presión.....	56
32	Compresor Mycom para la planta de hielo.....	57
33	Tablero de control, para el compresor Mycom de planta de hielo	58
34	Arquitectura del sistema propuesto	84
35	Plantilla para pantalla de inicio	85
36	Plantilla para pantalla de menú principal	86
37	Plantilla para pantallas de proceso.....	86
38	Pantalla de inicio de la aplicación	87
39	Pantalla de menú principal	88
40	Pantalla del compresor para el área de agua fría	88
41	Pantalla del compresor para la planta de hielo en escama.....	89
42	Pantalla del compresor para el sistema del rechiller.....	90
43	Pantalla del compresor para la cava 3	91
44	Pantalla del sistema de enfriamiento de agua o rechiller.....	92
45	Pantalla de temperatura de agua en chillers.....	93
46	Pantalla de tendencia real para el compresor de agua fría.....	93
47	Pantalla de tendencia histórica para el compresor de agua fría.....	94
48	Ventana de ayuda del objeto histórico.....	95
49	Ventana de configuración de setpoints	95

50	Ventana de histórico de alarmas	96
----	---------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La refrigeración industrial es un elemento de gran importancia para la industria en la actualidad, sobre todo para algunos sectores como el alimentario, el farmacéutico y el químico, pues los procesos de enfriamiento ayudan a conservar y preservar en buenas condiciones algunos productos durante mucho más tiempo del que perdurarían en condiciones ambientales normales. En algunos casos, el congelamiento o enfriamiento puede ser incluso un proceso necesario para la producción o transformación de un producto.

Unifrio (2007), expresa lo siguiente sobre el frío industrial:

La importancia del frío en la industria es indiscutible y por ello es que cada vez los equipos y sistemas son mucho mejores, más especializados, con mayores implementaciones tecnológicas e incluso ya se busca la creación de equipos que además de ser completamente funcionales, ofrezcan otro tipo de ventajas globales, como consumir menos energía, utilizar materiales orgánicos e incluso reciclados para su fabricación o contar con mejores sistemas, fluidos y sustancias refrigerantes, todo esto con el objetivo de ahorrar recursos económicos para los productores y consumidores y al mismo tiempo proteger el medio ambiente.(p.03).

Debido a la importancia que los sistemas de refrigeración representan para la industria, se requiere de una eficiente administración de los activos y de los recursos relacionados, que van desde la operación de los equipos hasta su mantenimiento. Para cubrir esta necesidad, por lo que general, las empresas cuentan con personal técnico especializado para la ejecución de estas actividades, las cuales requieren de un monitoreo constante de los parámetros de funcionamiento de los equipos, tales como presión, temperatura, nivel de líquido, entre otros; así como, los parámetros de control del proceso productivo.

En este orden de ideas, el seguimiento, monitoreo y evaluación de los procesos son componentes esenciales del ciclo de vida, ya que permiten conocer la pertinencia de las estrategias implementadas, ejecutar acciones oportunas que se anticipen a los problemas, garantizar la sostenibilidad de los proyectos, retroalimentar los procesos de toma de decisiones en el marco de la planeación a mediano y largo plazo, y generar por último, un beneficio en el proceso productivo y el sistema de refrigeración. Esto es posible, gracias a los sistemas SCADA, que permiten básicamente controlar y monitorear parámetros de los procesos industriales, entre otros aspectos.

Según Rodríguez (2012), existen muchas razones por las cuales es necesario hacer uso de un sistema SCADA, entre las principales se encuentran, la supervisión remota de instalaciones, lo que permite conocer el estado de las mismas y coordinar eficientemente las labores de producción y mantenimiento en el campo, el procesamiento de la información, en donde los datos capturados requieren análisis adicionales a efectos de consolidar la información proveniente de diferentes lugares remotos, la generación de reportes, de forma automática o a petición de reportes impresos de producción y balances para toma de decisiones a largo plazo, así como también, la presentación de tendencias en tiempo real o histórico, que generan gráficos e infieren en el comportamiento de las variables operacionales en el tiempo.

En atención a esto, con la finalidad de realizar un desarrollo eficiente y eficaz de un sistema SCADA para monitorear y registrar de forma adecuada los parámetros de operación y control del sistema de refrigeración de Matadero del Campo, C. A., y de esta manera, facilitar el análisis de la información proveniente de dicho sistema, se presenta a continuación la propuesta de un sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas en la empresa Matadero del Campo, C.A. Este trabajo está estructurado en 5 capítulos descritos de la siguiente manera:

En el capítulo I, se realiza una breve descripción sobre la empresa, su organización, sus procesos básicos, su misión y visión, así como sobre el departamento donde fueron realizadas las pasantías, entre otros aspectos.

Asimismo, en el capítulo II, se hace referencia a la descripción clara del problema que se pretende abordar y los objetivos generales y específicos que la investigación plantea para la ejecución de la propuesta con las razones que justifican la misma.

Por otro lado, en el capítulo III, se describen los antecedentes o estudios previos de la presente investigación, además se realiza un compendio de las bases teóricas que sustentan la misma y se reúnen los elementos conceptuales que definen el objeto de estudio.

En el capítulo IV, se describe la metodología necesaria para desarrollar la investigación y las fases metodológicas por las cuales ésta se encuentra compuesta, especificando el tipo y diseño de investigación.

Por último, en el capítulo V, se encuentran los resultados, las conclusiones y recomendaciones del presente informe. Así como también, la bibliografía consultada que da soporte al mismo.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Descripción de la empresa

Matadero del Campo, C.A, fue constituida en el año 1999 como una empresa familiar, en la ciudad de Tinaquillo, estado Cojedes, impulsando en el mercado, en sus inicios, a la marca El Pechugón. En la actualidad, Matadero del Campo, C. A., se establece como una prestadora del servicio de beneficio de aves de corral con equipos de vanguardia y tecnología. Como se observa en la figura 1, se encuentra ubicado en la carretera vía a Caja de Agua, Aguirre Zona Industrial de Tinaquillo, local galpón Nro. 8, Sector el Bajío Tinaquillo Cojedes.



Figura 1. Ubicación de la empresa Matadero del Campo, C.A.

Fuente: Matadero del Campo C.A, (2015).

1.2 Reseña histórica

El Grupo Merino, grupo organizacional al cual pertenece Matadero del Campo, C.A., tiene más de 40 años de experiencia en el mercado del sector agropecuario, tras su nacimiento en el año 1976, se ha dedicado a mejorar los estándares de la actividad avícola nacional y aumentar así, sus volúmenes de producción de pollos beneficiados. A partir de entonces, la visión ha sido convertirse en el principal grupo empresarial a nivel nacional, caracterizándose por la calidad y modernidad en sus productos.

Desde hace 18 años Del Campo, ha aspirado hacia los más altos estándares de calidad, eficiencia y productividad de sus productos, servicios y soluciones; ofreciendo siempre lo mejor a los venezolanos y comprometiéndose en asumir como propio cada reto, sin importar las exigencias que requiera, esforzándose por colocar su aporte día a día en Venezuela y enriqueciendo el sector agropecuario nacional.

Hoy, Matadero del Campo, C.A es una empresa que continua firme en su compromiso con el país generando empleo, bienestar a sus trabajadores, familias y comunidades y trabajando para contribuir a la satisfacción de las necesidades de alimentación de los venezolanos.

1.3 Capacidad de operativa de la empresa

Actualmente, la Planta de Matadero del Campo C.A, dedicada al beneficio de aves; trabaja un turno diario con una capacidad de 9000 aves/hora, que es lo permitido por el diseño de la planta. Esto a su vez, equivale a 4 millones 435 mil kilos de carne de pollo al mes. Por otra parte, la empresa cuenta con una plantilla de 235 trabajadores entre empleados y obreros.

1.4 Procesos básicos

El proceso productivo Del Campo, consta de las siguientes etapas:

- Ü Recepción y guinda de pollos: el área para la descarga de las aves y su colocación en los ganchos de la cadena de producción, es un espacio techado y protegido, en el cual se descargan las jaulas que contienen las aves y son bajadas de los camiones.

- Û Matanza: dicha etapa está conformada por aturdimiento, degollado, desangramiento, escaldado, desplume y decapitado.
- Û Eviscerado: las aves son transferidas a un transportador aéreo y luego pasan a unas máquinas donde se le extraen las vísceras y el buche.
- Û Chillers de pre-enfriamiento y enfriamiento: existe un pre-enfriamiento o enfriamiento lento del cuerpo en las aves.
- Û Empacado: después del enfriamiento, los cuerpos se cuelgan en los ganchos de la línea de escurrimiento y empaque. Además, las mismas son pesadas y clasificadas según su tamaño o si presentan alguna deformidad o hematoma propio del proceso.
- Û Despresado: en la sala de despresado se reciben aproximadamente 8.000 aves diarias equivalente a 12.000 kg con un peso promedio entre 1,5 y 2 kg; las cuales son colgadas manualmente en la maquina despresadora automática a una velocidad de 90 g/min.
- Û Despacho y comercialización: los pollos son comercializados por el personal de ventas a los diferentes clientes dentro del territorio nacional, al cumplirse la comercialización se procede al despacho, donde el personal operativo retira del área de cavas la cantidad de pollos solicitados para trasladarlos al área de carga y abordar al camión de destino.

1.5 Actividad comercial

Del Campo, se dedica principalmente al beneficio, distribución y comercialización de la producción avícola del grupo, a través de una integración de actividades; para la fijación de precios utiliza los precios regulados establecidos por el Ejecutivo Nacional.

1.6 Política de calidad

Según el manual de calidad de Matadero del Campo, C.A, el cual describe el sistema de calidad de la organización y destaca las responsabilidades, la autoridad y las interrelaciones del personal que dirige, efectúa, verifica o revisa el trabajo que afecta la misma, la empresa conserva como política de calidad:

Cumplir día a día con las necesidades y exigencias de nuestros clientes internos y externos, a través de procesos de mejora continua, comunicación efectiva y un constante entrenamiento de los trabajadores, asumiendo compromiso y responsabilidad en el trabajo, con la inocuidad de nuestros productos y con la seguridad, salud, higiene y ambiente. (p.1)

1.7 Política de seguridad, salud, higiene y ambiente

Matadero del Campo, C.A es una planta de beneficio de aves respetuosa y cumplidora del marco legal venezolano, esta reconoce el compromiso con sus trabajadores y el medio ambiente, implementa ética en salud y seguridad en el trabajo, y a su vez se compromete a mejorar continuamente en todos los ámbitos de la gestión empresarial (calidad, seguridad, medio ambiente) con la finalidad de vigilar y garantizar su aplicación siendo esto variable fundamental para el futuro de la empresa.

A su vez, esta promueve, en todos los ámbitos de la organización, el trabajo en equipo y la cooperación entre los diversos niveles de la empresa.

De igual manera, Del Campo impulsa el conocimiento de la información, y forma a sus trabajadores sobre los riesgos inherentes a su trabajo, así como de los medios y las medidas a adoptar para su prevención; disponiéndose de los procedimientos necesarios para el desarrollo de las diferentes actividades preventivas.

1.8 Misión de la empresa

Matadero del Campo, C.A tiene como misión “otorgarles a sus clientes el mejor servicio para el consumo de pollo beneficiado a nivel nacional”.

1.9 Visión de la empresa

La visión de Matadero del Campo, C.A es “posicionarse en el mercado como la planta beneficiadora de aves preferida por el productor agropecuario nacional, brindando el mejor pollo beneficiado”.

1.10 Valores de la empresa

Ü Confianza: Del Campo, trabaja enfocado en generar producción, trabajo y bienestar a su entorno y país.

- Û Excelencia: la empresa, está motivada por los altos estándares de rendimiento y perfección, queriendo destacar en cada labor que ejerce.
- Û Innovación: Del Campo, se mantiene a la vanguardia en sus áreas resaltando de la competencia por sus avances en tecnología, maquinaria, información y capital humano.
- Û Apoyo: la empresa, crea el potencial de su equipo multidisciplinario enfocándose en brindar capacitación en cada área, fomentando así el desarrollo, la participación y el reconocimiento de cada uno de sus logros.
- Û Compromiso: Del Campo, se encuentra comprometido en ofrecer calidad y eficiencia en los productos y servicios que brinda, para liderar en los negocios en los que participa.

1.11 Estructura organizacional general de la empresa

Matadero del Campo, C.A se encuentra organizada básicamente como se puede apreciar en la figura 2, mediante el organigrama general de la empresa:



Figura 2. Organigrama general de Matadero del Campo, C.A.

Fuente: Matadero del Campo C.A., (2017).

1.12 Organigrama del departamento donde se realizará las pasantías

La organización del departamento de química, mantenimiento y tecnología, donde se llevarán a cabo las pasantías, está representada por el organigrama descrito en la figura 3, mostrado a continuación:

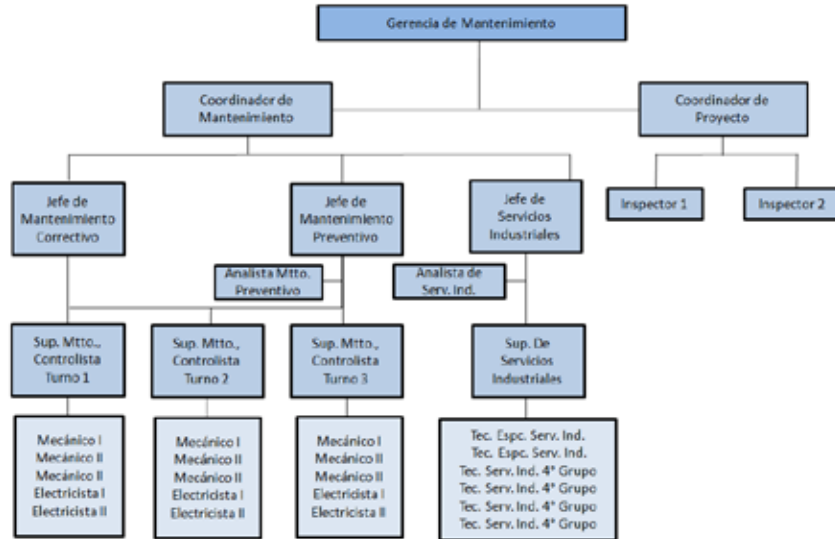


Figura 3. Organigrama del departamento de mantenimiento de la empresa Matadero del Campo, C.A.

Fuente: Matadero del Campo C.A., (2017).

1.13 Misión del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento tiene como misión:

Gestionar efectivamente todas y cada una de las necesidades de la planta a través de la preparación y desarrollo de su equipo de trabajo, utilizando un sistema de gestión que garantice, planifique registre las actividades de mantenimiento para obtener los más altos niveles de disponibilidad y confiabilidad.

1.14 Visión del departamento de mantenimiento

La visión del departamento de mantenimiento es “convertirse en el departamento líder dentro de las empresas beneficiadoras de aves a nivel nacional guiados por la integridad, el trabajo en equipo y la innovación en la ejecución del mantenimiento”.

1.15 Actividades desarrolladas durante el periodo de las pasantías

Las actividades de pasantías fueron desarrolladas en el departamento de mantenimiento de Matadero del Campo, C.A., específicamente en el área de servicios industriales, en la cual se llevó a cabo el diseño de un sistema de monitoreo y registro, sistema SCADA, de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas.

Las tareas principales que se realizaron en el departamento para obtener la información adecuada en cuanto a la empresa y su proceso productivo son:

- Û Estudio de las características y situación actual del proceso productivo de aves beneficiadas y el sistema de refrigeración.
- Û Diagnóstico de la problemática existente con respecto al monitoreo y registro de las variables en el sistema de refrigeración.
- Û Listado de los equipos existentes pertenecientes al sistema de refrigeración y variables para el monitoreo y registro.
- Û Diseño analítico de la arquitectura del sistema SCADA.
- Û Programación de la interfaz para el monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.
- Û Simulación de la interfaz hombre-máquina.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

Los procesos industriales requieren ser cada día mejores, esto ocasiona que la industria siempre esté en constante evolución y modernización, utilizando la tecnología como el sendero más adecuado para hacer más eficaces sus procesos productivos.

A su vez, la necesidad de mejorar estos procesos para obtener mayor calidad en sus productos y servicios, les exige a las empresas implementar otras estrategias y sistemas de control que permitan facilitar y hacer más confiable el análisis de los resultados obtenidos, producto de la automatización, pudiendo de esta manera llevar el proceso industrial a un nivel superior.

Es por esto, que se requiere hacer uso de sistemas tecnológicos e innovadores en la industria actual, que permitan la supervisión eficaz del proceso productivo, el control a distancia de lo que ocurre en el mismo, así como también, la visualización de las principales variables pertenecientes al proceso industrial, la realización de las mejoras en el sistema de control y el registro adecuado de los valores reales de dicho proceso para tomar decisiones futuras.

Aunado a esto, si lo que se encuentra involucrado en el proceso son alimentos, es esencial contar con buenos sistemas de control y supervisión para garantizar un grado razonable de calidad e inocuidad de los mismos. Para que un sistema alimentario funcione en forma efectiva, todos los factores comprometidos en su progreso, desde la producción hasta el procesamiento, comercialización y eventual consumo; deben ser controlados efectivamente y se deben realizar acciones para garantizarlos.

En este mismo sentido, en diferentes industrias sobretodo de alimentos y bebidas, los sistemas de refrigeración tienen un papel crucial desde el punto de vista del proceso productivo; es necesario que el espacio donde se conserva la materia prima o se almacena el producto final cuente con las condiciones adecuadas de temperatura y humedad relativa para evitar el deterioro de la misma y mantener la esterilidad requerida.

Asimismo, es importante garantizar la continuidad operativa de la planta minimizando interrupciones por cualquier tipo de mantenimiento, y de esta manera obligar a la aplicación de estrategias predictivas para lograrlo.

Por otra parte, los sistemas de refrigeración demandan una gran cantidad de energía eléctrica relativa al total global de una planta industrial, causando que su funcionamiento tenga vital importancia debido al costo de uso, haciéndose necesario monitorear la potencia que estos consumen, así como otros parámetros eléctricos para evitar un alto subsidio para la empresa mayor al requerido.

Es por ello, que el sistema de refrigeración de Matadero del Campo, C.A, el cual se encarga, en gran parte, de preservar las aves beneficiadas, debe ser monitoreado rigurosa y continuamente para lograr que el producto final se obtenga con la mejor calidad posible y a su vez, el sistema de refrigeración utilizado, mantenga un consumo apropiado.

Actualmente, en la empresa Matadero del Campo, C.A, el procedimiento de recopilar los valores reales del proceso industrial en el tiempo, se realiza de forma manual. Para ello, el técnico de servicios industriales de turno realiza un recorrido de planta cada dos horas para anotar, en un formato de registro, los valores de las variables del sistema de refrigeración, de acuerdo a la instrumentación disponible en los equipos. Dicha operación manual de la toma de datos no es totalmente confiable y genera ocupación de horas hombre que la empresa necesita emplear en otras actividades de mantenimiento y producción.

Por otra parte, es necesario destacar que una cierta parte del sistema de refrigeración ya posee un sistema de visualización de los valores relevantes del proceso, pero el mismo no permite almacenar dichos valores en tiempo real de forma

automática en un ordenador de control para su posterior análisis y respaldo; a su vez, dicho sistema no se encuentra totalmente integrado con el resto de los equipos, lo cual dificulta el monitoreo general del sistema de refrigeración por parte de los operadores y genera un retardo para lograr el reconocimiento de alarmas y solución de fallas, lo que puede ocasionar desmejoras en la calidad del pollo en su proceso.

Por lo antes expuesto, se propondrá diseñar un sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas, con la finalidad que dicho sistema aporte soluciones a lo planteado anteriormente, así como también facilite llevar a cabo la supervisión, el control indirecto del proceso de una forma segura, efectiva, dinámica, y garantice el respaldo de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.

2.2 Formulación del problema

¿De qué manera se podrá monitorear y registrar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración en la empresa Matadero del Campo, C.A?

2.3 Objetivos de la investigación

2.3.1 Objetivo general

- Û Proponer el diseño de un sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas en la empresa Matadero del Campo C.A.

2.3.2 Objetivos específicos

- Û Diagnosticar la problemática existente con respecto al monitoreo y registro de las variables en el sistema de refrigeración de aves beneficiadas de la empresa Matadero del Campo, C.A.
- Û Determinar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas a ser monitoreados y registrados.

- Û Estudiar la factibilidad técnica, económica y operativa del sistema de monitoreo propuesto.
- Û Desarrollar la aplicación de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas.

2.4 Justificación de la investigación

Con la propuesta planteada, se pretende realizar un monitoreo en tiempo real de las variables fundamentales de funcionamiento para el sistema de refrigeración de Matadero del Campo, C.A., que permita conocer remotamente el estado actual de los subsistemas de refrigeración, sus variables fundamentales, desde el punto de vista técnico como el proceso productivo, realizar tendencias de las variables del sistema, observar el comportamiento de las mismas en tiempo real e histórico, generar reportes de forma automática con la información relevante a registrar en el ordenador de control y de esta forma, valorar su uso energético.

Cabe destacar, que con dicha propuesta se facilitará la visualización de los diferentes equipos que componen el sistema de refrigeración de forma compacta, general y ordenada en una interfaz gráfica amena para la supervisión del proceso, evaluando su importancia y la prioridad que tienen algunas variables en el mismo.

De igual manera, la propuesta a desarrollar será de gran utilidad para los técnicos de servicios industriales, permitiéndoles visualizar, controlar, y analizar las variables del proceso en una sola aplicación. Así como también, el sistema de monitoreo facilitará llevar a cabo el procedimiento de registro de los parámetros de funcionamiento de los equipos, proporcionando una herramienta eficaz tanto para los técnicos como para los supervisores del departamento de mantenimiento de la organización.

A todo ello, esta propuesta será favorable al reducir las horas hombre que actualmente son necesarias para que los operadores de servicios industriales lleven a cabo el registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración; aumentando así, la eficiencia del departamento de mantenimiento al mejorar el indicador de reportes de registro semanales del sistema, así como también, el

indicador de horas hombre de sus trabajadores, debido a su disminución por el gran tiempo empleado en la realización de esta tarea y el descuido de otras tareas como trabajos correctivos u mejoras que deben hacerse al sistema continuamente.

Por último, la propuesta expuesta pretende aportar información para investigaciones futuras, así como también, ser formativa para los alumnos de la escuela de ingeniería electrónica de la Universidad José Antonio Páez.

2.5 Alcance

La propuesta de éste sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de la empresa Matadero del Campo, C.A, incluirá la determinación de los parámetros fundamentales para la supervisión adecuada del sistema de refrigeración, el diseño analítico previo, relacionado con la arquitectura de las pantallas de monitoreo, de acuerdo a las necesidades de dicho sistema y al trabajo actual que realizan las personas encargadas de supervisar la planta.

De igual manera, ésta incluirá el estudio de factibilidad técnica, económica y operativa del proyecto propuesto, así como la programación necesaria para desarrollar la interfaz gráfica haciendo uso del sistema SCADA InTouch, y la simulación del proceso a supervisar.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Según Bavaresco (2006) el marco teórico referencial “brinda a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos y proposiciones que permiten abordar el problema dentro de un ámbito dónde éste cobre sentido” (p.51). Este marco aborda características del tema o problema en estudio, y estas características, constituyen las variables que permitirán analizar el mismo.

3.1 Antecedentes

Los antecedentes de la investigación, se refieren a todos los trabajos de investigación que anteceden al actual investigado, es decir, todos aquellos trabajos en los cuales se hayan propuestos objetivos similares, además, sirven de guía al investigador y le permiten comparar o tener ideas sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad.

Asimismo, según lo expresa Fidias (2012) “los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones” (p.106). Se revisaron diversos trabajos relacionados con la presente investigación, mencionando a continuación aquellos que se consideraron resaltantes:

Zambrano, J., Contreras, C., Méndez, J. y Escobar, D. (2015), en su trabajo titulado “**Sistema de monitoreo de funcionamiento en tiempo real para equipos de refrigeración**”. Presentado en la Universidad Nacional Experimental del Táchira, ha sido desarrollado dentro de un conjunto de soluciones en automatización industrial y domótica, por diferentes grupos de investigación lo cuales han contado con financiamiento parcial del sector privado.

El proyecto pretende realizar un monitoreo en tiempo real de variables fundamentales de funcionamiento para sistemas de refrigeración que permita reconocer remotamente, el estado actual de los subsistemas de refrigeración, y valorar el uso energético. El mismo tiene como fin principal reducir los costos de mantenimiento, debido a que el monitoreo de las temperaturas en el ciclo térmico permite prevenir fallas en los equipos y aumentar la eficiencia energética, así como la disponibilidad de los mismos.

La siguiente investigación se puede clasificar como aplicada, la cual depende de los descubrimientos y avances de un proceso de indagación, se caracteriza por su interés en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos; busca el conocer para actuar y modificar la situación actual.

El trabajo mencionado es de mucha utilidad para la presente investigación, ya que dicho sistema realiza las labores comunes de control de refrigeración y adiciona beneficios derivados del uso electrónico de los datos que son transmitidos a distancia a través de un puerto Ethernet; a su vez, el mismo es adaptable a diversos sistemas de refrigeración, por lo que se puede instalar en refrigeración industrial y comercial, debido a que los datos manipulados presentan características similares a la mayoría de estos equipos y solo se requiere de configuración por software.

Castellanos, H. (2012), en su trabajo titulado **“Instrumentación virtual e implementación de sistema SCADA en el control de cuartos fríos”**. Presentado en la Universidad de San Carlos de Guatemala, para optar por el título de ingeniero mecánico electricista, el cual está enfocado en una propuesta para la implementación de un sistema eficiente de control y adquisición de datos para las operaciones de un cuarto frío que tenga como prioridad el ahorro energético. El proyecto se orienta en objetivos como aplicar los conceptos termodinámicos y eléctricos que intervienen en el funcionamiento de cuartos fríos, así como la teoría de control de los mismos, analizar los métodos de operación del control convencional de un cuarto frío, realizar un estudio comparativo con base en los datos más relevantes en cuestión de costos de operación de un cuarto frío convencional, contra el control propuesto y diseñar un sistema SCADA para el control de cuartos fríos, utilizando elementos de software.

Dicha investigación se desarrolla como un proyecto factible, ya que consiste en la indagación, elaboración y desarrollo de una propuesta de acción viable para solucionar problemas o una necesidad previamente detectada en el medio, en este caso, cuartos fríos. Por otra parte, la misma es de gran aporte a la presente investigación, ya que estudia los sistemas de refrigeración, mecanismos de transferencia de calor, operaciones de un cuarto frío y equipos necesarios en los procesos de refrigeración. Cabe considerar, que dicho proyecto realiza el estudio de factibilidad pertinente el cual concuerda con lo que se quiere en la propuesta en estudio y a su vez, se refleja en el mismo la implementación de un sistema SCADA.

Al respecto, Ramírez, J. (2014), en su trabajo titulado **“Desarrollo e implementación de pantallas en un sistema SCADA para monitoreo en proceso de servicios generales en planta farmacéutica”**. Presentado en el Instituto Politécnico Nacional de México, para optar por el título de ingeniero en control y automatización, el cual tuvo como fin desarrollar un SCADA para manipular los procesos en servicios generales en una empresa farmacéutica, para producción de hemoderivados (medicamentos a base de sangre); dado que el sector, tecnológicamente muy adelantado, trabaja con las mejores tecnologías en sus procesos como lo son los sistemas SCADA, pues los hemoderivados, son tan delicados en su manipulación que, una mala acción en el proceso, puede producir un mal medicamento y como consecuencia, la pérdida de vidas humanas. De igual manera, este trabajo contempla como objetivos implementar un sistema de monitoreo en pantallas, para servicios generales en planta farmacéutica, con protocolo Ethernet y desarrollar un sistema de interface con el software InTouch de Wonderware, para el monitoreo del proceso de servicios generales que cumpla con, historiales de las variables usadas en el proceso tales como flujo y nivel, entre otras, y disponga de un acceso de usuario de acuerdo al rol de operador o personal de mantenimiento.

La metodología implementada en dicha investigación corresponde a un proyecto factible, ya que se basa en la elaboración de una propuesta viable, destinada a atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico. Por otra parte, el marco teórico de dicha investigación sirve de apoyo al presente estudio, así como también

enriquece la teoría en lo que corresponde a los procedimientos para la implementación y diseño de sistemas SCADA, por tratarse de un contenido pertinente.

3.2 Bases Teóricas

Bavaresco (2006) define lo siguiente al respecto, “Las bases teóricas tienen que ver con las teorías que brindan al investigador el apoyo inicial dentro del conocimiento del objeto de estudio” (p. 51). Esto indica, que el investigador no puede hacer abstracción por el desconocimiento, salvo que sus estudios se soporten en investigaciones puras o bien exploratorias. Es por esto, que el investigador ha decidido consultar fuentes referentes al tema en estudio y de esta manera sustentar la presente investigación.

3.2.1 Sistema de supervisión industrial

Colomer, Meléndez y Ayza (2001), definen la supervisión como “el conjunto de acciones desempeñadas con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento del proceso incluso en situaciones anómalas” (p. 02). De hecho, ellos afirman que la supervisión, prácticamente, forma parte de todo proceso industrial y se lleva a cabo por encargados y operarios especializados. A su vez, la misma permite detectar la presencia de cualquier comportamiento irregular, actuando en consecuencia para mantener la capacidad operativa del proceso. De igual manera, el propósito de la supervisión es la automatización de estas tareas, es por esto que debe sacarse provecho de toda información y conocimiento disponible sobre el proceso.

Por otra parte, la centralización de todas las tareas y el registro de los datos es el primer paso en la implantación de un sistema de supervisión, llamados también sistemas SCADA o software de monitorización y control, los cuales permiten acceder a datos relevantes del proceso y establecer cierta interacción entre el operario y el mismo; esto se logra mediante interfaces animadas que adquieren los datos a través de los dispositivos de campo, como se observa en la figura 4.

Asimismo, incorporar sistemas de supervisión en la industria, trae como consecuencia que el registro de medidas del proceso aumente y el operario deba hacerse

cargo de su seguimiento dando mayor autonomía a los mismos

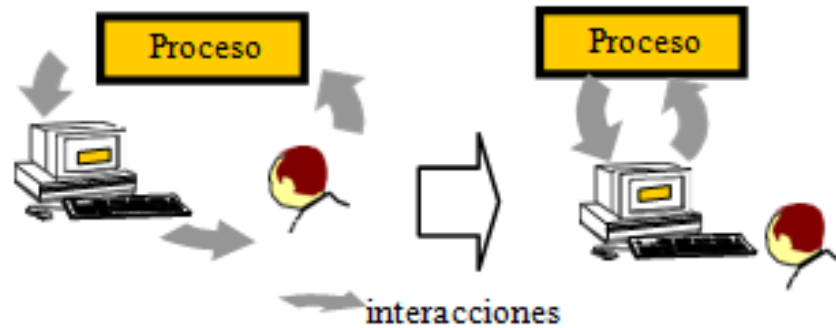


Figura 4. Monitorización y supervisión

Fuente: Colomer, Meléndez y Ayza, (2001).

3.2.1.1 Beneficios de la supervisión industrial

La supervisión industrial permite mantener la calidad y el adecuado funcionamiento del proceso a pesar de que se presenten situaciones irregulares. De igual manera, aprovechar correctamente el conocimiento y la información disponible sobre el proceso permite la evaluación automatizada, continua y en línea, del mismo de una forma objetiva, garantizando de esta forma una decisión unánime e independiente con respecto a apreciaciones subjetivas de las personas encargadas.

Asimismo, según Colomer, Meléndez y Ayza (2001):

Los sistemas de supervisión reducen el costo de aprendizaje del personal de planta, ya que las interfaces gráficas facilitan una comprensión rápida e intuitiva para la identificación de dispositivos o partes del proceso por asociación gráfica y geográfica entre la representación y el proceso real (p. 05).

3.2.2 Supervisión y monitorización

Según Colomer, Meléndez y Ayza (2001), “la implementación de un sistema de supervisión debe estar compuesta por tres etapas fundamentales que son la detección

de fallos, el diagnóstico de éstos y finalmente la reconfiguración del sistema” (p. 05).

Por otra parte, si las tres etapas anteriores no se cumplen, se puede considerar el sistema de supervisión como sistema de asistencia al operario mejor conocido como sistema de monitoreo; en otras palabras, se trata de sistemas que alertan al operario y éste decide sobre la existencia de fallos en el proceso, así como su origen y las acciones a realizar.

3.2.3 Sistema de monitorización industrial

La automatización de un proceso que contenga un sistema de monitoreo industrial, le permite al usuario contar con los mecanismos necesarios para su alerta, interactuar amigablemente con el sistema y registrar datos de la evolución del proceso (Colomer, Meléndez y Ayza, 2001).

El propósito de estos sistemas se basa en facilitar la detección de situaciones extrañas y diagnosticarlas a través de un seguimiento continuo de las variables del proceso. Es por ello, que se necesitan interfaces adecuadas para que el operador pueda interactuar con el sistema, mecanismos adicionales de alerta, respaldo de evolución de las variables en el tiempo, que permitan contribuir con la decisión y el diagnóstico de situaciones actuales en un proceso industrial.

De igual manera, con los mismos se garantiza la reconstrucción del proceso productivo e industrial conocido como trazabilidad, permitiendo con ello realizar análisis futuro de incidencias. Colomer, Meléndez y Ayza (2001) expresan que “Los paquetes actuales de monitorización cubren estas funciones a partir de las medidas continuadas de las variables de proceso y estableciendo mecanismos de alerta sobre estas variables” (p.12).

3.2.3.1 Beneficios de los sistemas de monitoreo industrial

Los sistemas de monitorización permiten centralizar todos los datos de proceso en un ordenador o red de ordenadores, y en conjunto con otros elementos posibilitan realizar el registro de los datos (Colomer, Meléndez y Ayza, 2001). Asimismo, es necesario destacar que la organización de todas las variables adquiridas e internas, se almacenan gracias a los entornos de monitorización en bases de datos.

Por otra parte, los sistemas de monitoreo reflejan una etapa básica de la monitorización, ya que los mismos comprenden la representación del sistema industrial. De igual manera, para que la monitorización cumpla su propósito, es necesaria la representación gráfica de los elementos del proceso de forma inmediata, la obtención de información visual y la interactividad entre el operador y el proceso; esto se logra mediante las interfaces hombre máquina.

Es necesario acotar, que la interpretación visual de la información es otro de los beneficios de estos sistemas; el visualizar el gráfico del histórico de variables permite a las personas encargadas de estos sistemas anticiparse a algunas situaciones y comparar con experiencias previas a medida que el proceso evoluciona y la gráfica se actualiza (Colomer, Meléndez y Ayza, 2001).

Por último, es importante destacar que la mayor ventaja de centralizar las medidas de un proceso es almacenar sus datos. Registrar continuamente los mismos, posibilita la posterior recuperación de éstos y por tanto también su graficación, comparación, creación de estadísticas, análisis, entre otros aspectos relevantes; con este propósito los sistemas de monitorización se vinculan a bases de datos, normalmente externas a éstos.

3.2.4 Refrigeración

La refrigeración ha venido evolucionando con el transcurrir de los años, desde la refrigeración con hielo hasta la refrigeración actual con máquinas; esto debido a las necesidades de hoy en día, en el ámbito poblacional e industrial, y a los avances en los diferentes campos para mejorar el nivel de vida.

Las aplicaciones de la refrigeración son muy numerosas, siendo unas de las más comunes la conservación de alimentos, el acondicionamiento ambiental, el enfriamiento de equipos y últimamente en los desarrollos tecnológicos avanzados, se utiliza en el área de los ordenadores.

La historia de la refrigeración es tan antigua como la civilización misma y se puede distinguir dos períodos; refrigeración natural, relacionada totalmente con el uso del hielo y refrigeración artificial, mediante el uso de máquinas.

Puebla (2006), define la refrigeración como “el proceso de bajar la temperatura

a un cuerpo o espacio determinado, quitándole calorías de una forma controlada” (p. 17).

En otras palabras, el objetivo básico de la refrigeración es transferir parte del calor de un cuerpo o un espacio hacia un lugar donde ese calor no produzca ningún efecto negativo, de esta manera se logra establecer una temperatura deseada en ese cuerpo o espacio.

3.2.5 Sistema de Refrigeración

Según Rapin (1998), “los sistemas frigoríficos o sistemas de refrigeración corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos, conforme se requiera” (p. 16).

A su vez, es necesario acotar que dichos sistemas han sido diseñados primordialmente para disminuir la temperatura de productos almacenados como alimentos o compuestos químicos, en cámaras frigoríficas.

3.2.6 Refrigeración mecánica

Puebla (2006), establece “la refrigeración mecánica como aquella que incluye componentes fabricados por el hombre y que forman parte de un sistema, los cuales operan en arreglo a ciertas leyes físicas que gobiernan el proceso de refrigeración” (p. 17). En la figura 5, se puede observar un ciclo general de refrigeración mecánica.

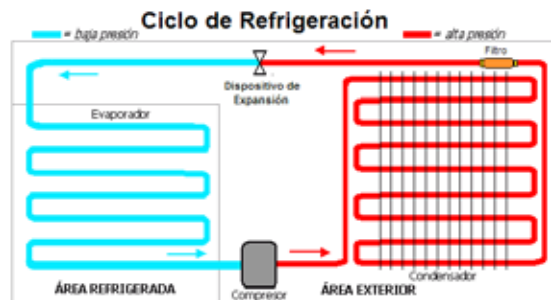


Figura 5. Ciclo básico de refrigeración mecánica

Fuente: Puebla, (2006).

3.2.6.1 Clasificación de los sistemas de refrigeración mecánica

- Û Refrigeración doméstica
- Û Refrigeración comercial
- Û Refrigeración industrial
- Û Refrigeración marina y de transporte
- Û Aire acondicionado automotriz
- Û Acondicionamiento de aire industrial
- Û Criogenia

Es importante destacar, que la investigación en estudio se orienta hacia la refrigeración industrial.

3.2.7 Refrigeración industrial o comercial

La refrigeración comercial, tiene como campo de aplicación, negocios de comercialización de alimentos perecederos; los cuales requieren refrigeración o congelación para su preservación, como se puede visualizar en la figura 6. Por otra parte, ésta se basa en la refrigeración mecánica, siendo su diferencia fundamental que las condiciones de uso son más exigentes, los diseños son mucho más grandes con capacidad frigorífica extra para compensar el trabajo pesado a los que se someten regularmente estos equipos.



Figura 6. Refrigeración industrial o comercial

Fuente: Puebla, (2006).

3.2.7.1 Clasificación de circuitos de refrigeración industrial

Según la capacidad de refrigeración o condiciones variables existen diversas combinaciones de circuitos de refrigeración, de acuerdo a los requerimientos; entre estas alternativas se encuentran:

- ü **Sistema multievaporador:** puede ser alimentado ya sea por un compresor o por una batería de compresores los cuales comparten un condensador, y el refrigerante es luego distribuido en una cantidad de evaporadores en paralelo, como por ejemplo el sistema de la figura 7, estos utilizan controles de evaporación independientes y reguladores de presión a la salida de cada evaporador, para controlar individualmente la temperatura de evaporación de los mismos.

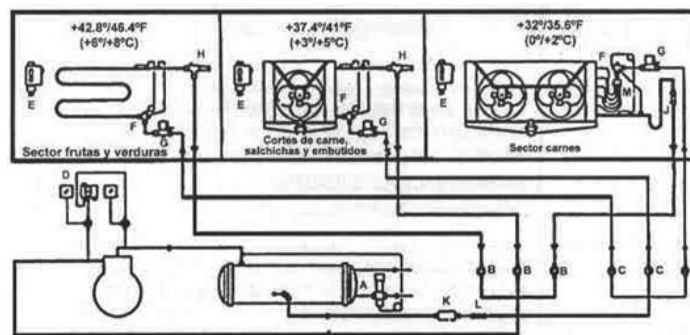


Figura 7. Diagrama de sistema multievaporador de tres temperaturas, con un solo condensador enfriado por agua y un compresor

Fuente: Puebla, (2006).

- ü **Sistemas de refrigeración con fluido secundario (Chillers):** son sistemas que, mediante el proceso de refrigeración, enfrían un fluido secundario a través de intercambiadores de calor que actúan como evaporador; es este fluido secundario, que puede ser agua u otro fluido, el cual es bombeado por el circuito secundario, a través de tuberías aisladas térmicamente hasta los

puntos donde se requiere extraer calor; como ejemplo de este sistema obsérvese la figura 8.

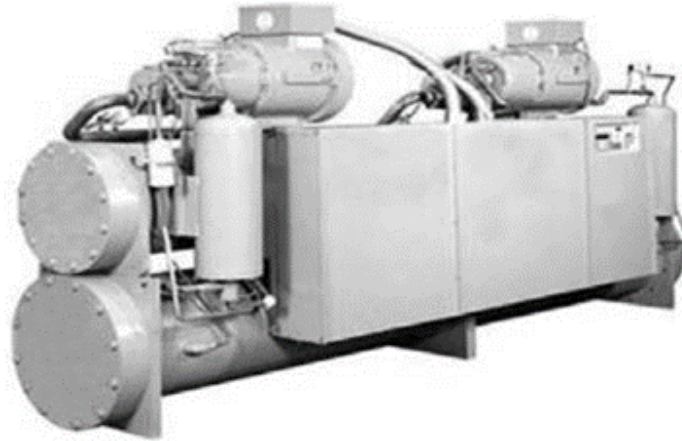


Figura 8. Chiller de agua helada

Fuente: Puebla, (2006).

3.2.8 Sistema de refrigeración por compresión

De acuerdo con Rapin (1998), el sistema de refrigeración por compresión corresponde a:

El método de refrigeración que consiste en forzar mecánicamente la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado dividido en dos zonas: de alta y baja presión, con el propósito de que el fluido absorba calor del ambiente, en el evaporador en la zona de baja presión y lo ceda en la de alta presión, en el condensador.

La refrigeración por compresión se basa en el aprovechamiento de las propiedades de ciertos fluidos, conocidos como refrigerantes o fluidos frigoríferos, la principal para este proceso, corresponde a su temperatura de vaporización a presión atmosférica, la cual normalmente es extremadamente baja. Los refrigerantes más comunes, tienen temperaturas de ebullición en condiciones normales, alrededor de los

-40°C. Ahora bien, cabe señalar que las máquinas frigoríficas por compresión mecánica constan de 4 elementos fundamentales como el compresor, el condensador, el órgano de expansión y el evaporador.

3.2.8.1 Componentes de circuitos de refrigeración industrial por compresión

Los sistemas de refrigeración industriales están compuestos por los siguientes elementos u equipos:

Ü **Compresor:** corresponde a una máquina de fluido, la cual está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores; esto se realiza a través del intercambio de energía entre la máquina y el fluido, en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir. El más usado a nivel industrial actualmente es el compresor de tornillo, debido a su mejor rendimiento y su bajo mantenimiento, por ejemplo, el que se observa en la figura 9.



Figura 9. Compresores de tornillo

Fuente: Rapin, (1998).

En cuanto a su funcionamiento, Rapin (1998) expresa que el compresor de tornillo:

Es impulsado por diversos motores y su diferencia principalmente se encuentra en que el compresor de tornillo está compuesto por un juego de tornillos helicoidales, que pueden ser dos o tres, dependiendo del diseño, que giran sincrónicamente, con superficies de contacto sumamente pulidos, a distancias mínimas una de otras, separadas por la película de lubricante y que, en virtud del giro, crean una diferencia de presión entre un extremo y el otro de las helicoides, con lo cual se comprime el gas refrigerante. (p. 57)

Ü **Condensador termodinámico:** corresponde al elemento intercambiador térmico, en el cual se requiere que el fluido que lo recorre, cambie de fase gaseosa a fase líquida mediante el intercambio de calor con otro medio. La condensación sirve para condensar el vapor, después de realizar un trabajo termodinámico; en la figura 10 se puede observar un ejemplo de este sistema.



Figura 10. Condensador termodinámico

Fuente: Rapin, (1998).

Ü **Dispositivos de expansión:** Dossat (2007) define lo anterior como “un elemento que disminuye la presión de un fluido pasando de un estado de más alta presión y temperatura a uno de menor presión y temperatura” (p. 43).

El objetivo de estos elementos, se basa en que, al producirse la expansión del líquido en un ambiente de menor presión, este se evapora parcialmente reduciéndose la temperatura al absorber calor latente de él mismo; a la salida del dispositivo se pretende tener un aerosol o pequeñas gotas de refrigerante en suspensión, que facilite la posterior evaporación. Entre sus tipos se encuentran:

Válvula de expansión automática (AXV): se refiere a un dispositivo de control de flujo de refrigerante líquido accionado directamente por la presión existente en el evaporador; solo actúa en respuesta a la puesta en marcha del compresor, sino permanece cerrada.

Válvula de expansión termostática (TXV): depende de la expansión de un gas en una cámara hermética, el bulbo sensor se posiciona a la salida del evaporador y las variaciones de temperatura controlan la apertura o cierre de la válvula de aguja que dosifica el rociado de refrigerante líquido hacia el evaporador. Este mecanismo permite un llenado más rápido del evaporador y un enfriamiento más eficiente.

Válvulas de flotante en el lado de baja: su funcionamiento se basa en lo siguiente, a medida que el refrigerante en el evaporador se evapora el nivel de líquido en el evaporador disminuye; esto hace que la válvula de flotante descienda lo cual abre la válvula a la línea de líquido a alta presión.

Válvulas de flotante en el lado de alta: su funcionamiento se basa, en la acumulación suficiente de refrigerante líquido en la cámara donde se ubica el flotante, al subir este abre la válvula de aguja, permitiendo que fluya líquido pulverizado hacia el lado de baja presión en el evaporador. El flotante controla el nivel de refrigerante líquido en el lado de alta presión.

- Û **Evaporador**, corresponde al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo; durante el proceso de evaporación, el fluido pasa del estado líquido al gaseoso.

3.2.9 Parámetros que se deben monitorear en un sistema de refrigeración

El monitoreo de los parámetros de funcionamiento de un sistema de refrigeración, es una parte esencial de la operación de los equipos, ya que esto permite anteponerse a una falla del sistema o a una condición anómala que comprometa la seguridad de los equipos o del personal que labora en una planta industrial; como es el caso de refrigerantes como el amoníaco, debido a su toxicidad e inflamabilidad, o que comprometan el medio ambiente; como es el caso de los refrigerantes hidroclorofluorocarbonados, debido al potencial de destrucción del ozono que estos poseen.

Según Guanipa (2010), los parámetros que se deben monitorear para mantener las condiciones normales de funcionamiento en un sistema de refrigeración industrial por compresión son los siguientes:

3.2.9.1 Temperatura

Las temperaturas en un sistema de refrigeración deben ser respetadas rigurosamente, ya que de ello depende que el compresor funcione correctamente durante su periodo de vida útil. Entre estas se encuentran:

- Û Temperaturas a la entrada y salida del evaporador: dependen de la temperatura de evaporación del gas empleado; y tienen como finalidad, por su límite superior, conocer si la temperatura del refrigerante proveniente del sistema, en estado líquido, es la necesaria para que luego del cambio de estado este pueda ser compresible; y por su límite inferior, cerciorarse si esta corresponde a la temperatura exigida en el proceso antes dirigirse al compresor y asegurarse que el refrigerante llegue a este, en estado de vapor.
- Û Temperatura a la entrada del compresor: depende de que el proceso de evaporación se haya completado dentro del evaporador y del trayecto del

vapor por la línea de succión; el rango de esta temperatura tiene por objeto, por el límite inferior, que no haya retorno de líquido al compresor que pueda causar daños en el equipo; y por el superior, que el gas de retorno no llegue excesivamente caliente.

- Û Temperatura de condensación: debe estar por encima de la temperatura ambiente para que haya intercambio de calor desde el gas refrigerante hacia el aire que rodea el condensador, a su vez debe ser tal, que respete la máxima presión de descarga recomendada para el compresor.
- Û Temperatura de descarga del compresor: si la temperatura en la válvula de descarga supera el valor límite hay riesgo de carbonización del lubricante en el asiento de la válvula, con la consiguiente pérdida de compresión.
- Û Temperatura medida en el domo del compresor: es aquella que se mide en el centro de la tapa del compresor, normalmente se correlaciona con la temperatura del bobinado del motor, siendo la temperatura del domo aproximadamente 20°C más baja que la temperatura de bobinas.
- Û Temperatura de los bobinados del motor: esta solamente se puede medir por el método de variación de la resistencia, pues no podemos acceder a ellos con instrumentos de medición directa de la temperatura.
- Û Temperatura de aceite: permite mantener la viscosidad del mismo dentro de los límites aceptables para que su función de lubricación sea eficiente; además de que el aceite, en muchos sistemas, sirve como un medio refrigerante para mantener el control de la temperatura generada dentro de los compresores.

3.2.9.2 Presión

Los valores de presión que se manejan en un determinado sistema, dependen del gas refrigerante empleado, y deben fijarse teniendo en cuenta además de los valores necesarios para un funcionamiento adecuado, la presión crítica del refrigerante. Cabe destacar, que en estos parámetros juega un papel muy importante

la condición de saturación de cada fluido de trabajo. Entre estas se consideran las siguientes:

- Û Presión de baja o de evaporación: la presión de equilibrio que alcance el circuito de refrigeración durante los períodos de reposo del compresor dependerá de la carga de gas del sistema, que deberá ser calculada de manera de lograr el efecto máximo de enfriamiento en el evaporador, que se observa cuando las temperaturas de entrada y salida son iguales o casi iguales. Por consiguiente, esta presión deberá ser igual a la entrada y a la salida del evaporador, y deberá permanecer constante en cada ciclo siempre que no exista ninguna falla durante el funcionamiento, por otra parte, un exceso de carga producirá como efecto, que las presiones de equilibrio sean superiores a lo especificado, y retorno de líquido al compresor.
- Û Presión de alta o de descarga del compresor: estas dependen del gas en el circuito y nuevamente de la carga de gas. Las presiones de descarga elevadas pueden ser producto de una sobrecarga de gas en el sistema, así como de un condensador sucio o mal ventilado, por falla del ventilador, si es de enfriamiento forzado u obstrucción del flujo regular de aire de enfriamiento.
- Û Presión diferencial de aceite: la cual indica el funcionamiento del filtro de aceite y su nivel de obstrucción.

3.2.9.3 Otros parámetros de monitoreo

Otros parámetros esenciales para el monitoreo y registro son los siguientes:

- Û Horas de operación: esencial para establecer el plan de mantenimiento preventivo de los equipos.
- Û Amperaje del motor del compresor: necesario para el monitoreo del funcionamiento de los componentes del motor; como el estado de los rodamientos, condición del embobinado, entre otros aspectos.
- Û Capacidad de trabajo: indica que los rangos de trabajo de los equipos se encuentren en un nivel eficiente.

- Û Nivel de aceite: mantener óptimo el nivel de aceite, permite asegurar una correcta lubricación de las partes mecánicas del compresor y de otros componentes del sistema.
- Û Nivel del tanque receptor de refrigerante: el cual permite monitorear que la cantidad de refrigerante dentro del sistema sea la adecuada; así como también, detectar una pérdida de refrigerante en alguna parte del sistema.

3.3 Factores de riesgo a considerar para diseñar una aplicación SCADA

Para diseñar un SCADA, en primera instancia, se debe tomar en cuenta los factores de riesgo que deben considerarse al diseñar una aplicación de este tipo:

1. Las pantallas de visualización de datos (PVP) durante períodos prolongados de tiempo, deben poseer condiciones adecuadas, para evitar la aparición de trastornos de salud.
2. El tipo de trabajo para el cual se requiere la aplicación, donde se debe tomar en cuenta, el grado de atención requerido por el puesto, el requerimiento de atención a la pantalla de supervisión del proceso y el tiempo medio de utilización del equipo.
3. Diseño limpio de pantalla, en el cual exista un tamaño adecuado de los objetos y textos, así como zonas claramente delimitadas que favorecen niveles mayores de concentración y menores esfuerzos visuales.

3.4 Principios generales de diseño de un SCADA

Los principios generales para diseñar correctamente un SCADA, se pueden apreciar en la figura 11 y mencionar a continuación:

- Û Consistencia y coherencia: los tipos de letras deben ser siempre los mismos, los colores de las ventanas y las posiciones de los pulsadores deben ser de tipo único, y las pantallas deben contener rasgos característicos que las diferencian entre sí. Todo esto permite agilizar las respuestas del usuario.
- Û Correspondencia: la interfaz debe adecuarse al sistema real, debe ser familiar y predecible.

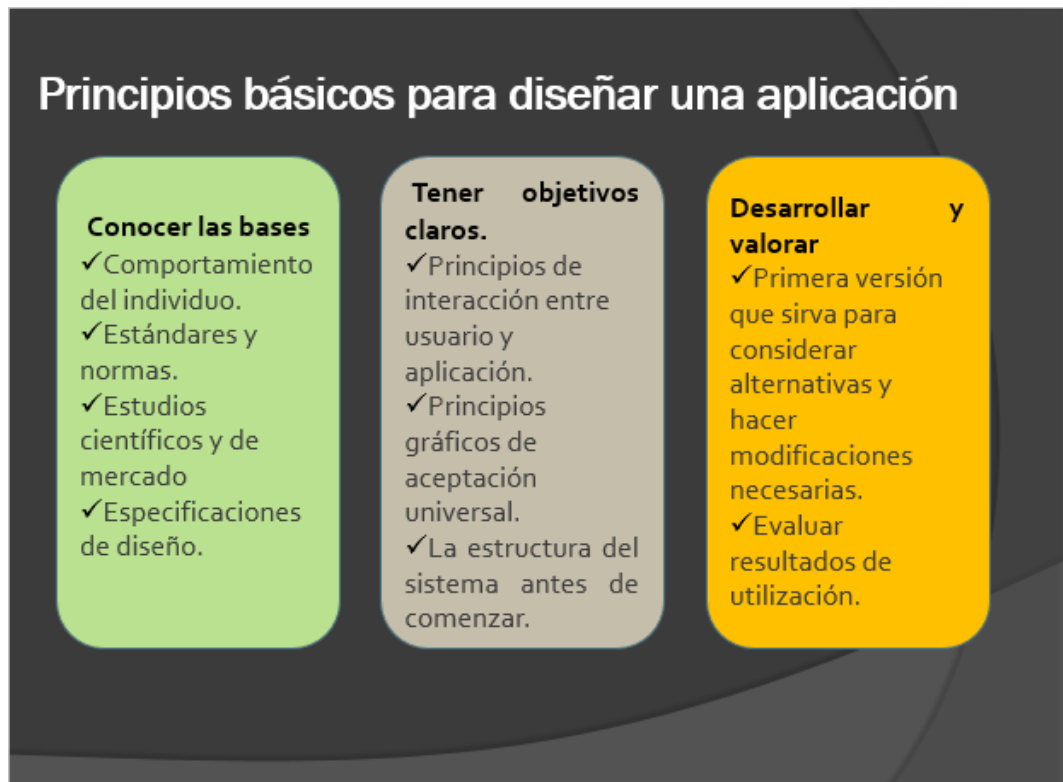


Figura 11. Principios básicos para diseñar una aplicación

Fuente: Zambrano, 2016.

- Û Adecuación a la tarea: la aplicación debe proporcionar herramientas de interactividad para máxima eficiencia y eficacia en el dialogo, esto puede ser mediante ayudas contextuales.
- Û Auto descriptividad: la aplicación debe informar del progreso al interlocutor de forma comprensible.
- Û Controlabilidad: el usuario debe poder dominar en todo momento el desarrollo de la relación con el sistema desde el principio hasta el final. Es decir, debe contar con pasos para ir hacia atrás, para guardar trabajo hecho o cancelar una acción, esto facilita que el usuario pierda el miedo y se anime a explorar la aplicación.
- Û Predictibilidad: el sistema debe responder de acuerdo a los conocimientos, formación y experiencia del usuario, esto genera confianza en el sistema.

- Û Tolerancia a fallos y control de errores: los posibles errores del usuario se deben contemplar y limitarse, impedirlos o corregirlos de forma automática, si es posible. Esto mediante la limitación de valores numéricos en la entrada de datos o la posibilidad de recuperación de errores y, en consecuencia, disminuir problemas.
- Û Flexibilidad y eficiencia de uso: el sistema debe ser práctico de utilizar y adaptarse a las necesidades y conocimientos del usuario con modificaciones simples. Como, por ejemplo, mediante un sistema ampliable según tipo de licencia o uso de atajos para usuarios expertos, esto ocasiona, que el sistema sea adaptable a las necesidades.

3.5 Principios de diálogo a considerar para diseñar un SCADA

La norma UNE-EN ISO 9241, en su parte 10, conocida como Principios de diálogo, trata sobre el diseño ergonómico de programas para equipos con Pantallas de Visualización de Datos (PVD), esta enumera una serie de ideas que se pretende sirvan de guía a la hora de realizar el planteamiento y desarrollo de las interfaces gráficas. Estas son:

1. La aplicación debe estar adaptada a la tarea para la cual se ha diseñado; el diálogo con el usuario debe ser limpio, presentando y exigiendo solamente la información estrictamente necesaria.
2. La aplicación debe informar del progreso al interlocutor de forma comprensible para éste (auto descriptividad).
3. La aplicación debe poder adaptarse al nivel de capacitación del usuario.
4. La aplicación debe ser controlable por el usuario, no al revés.
5. Las respuestas de la interfaz deben ser coherentes y adaptadas al nivel de capacitación del usuario.
6. La aplicación debería ser tolerante a fallos y con herramientas de corrección automáticas.
7. La aplicación debería ser clara y sencilla de utilizar.

3.6 Uso adecuado de los elementos gráficos en el diseño de un SCADA

Colores de las pantallas

- Ü Las grandes áreas de pantalla vacías deberían rellenarse con colores neutros para no forzar la vista con contrastes excesivos.
- Ü Ciertas combinaciones de tonos azules y verdes pueden dar resultados inconvenientes.
- Ü El uso de colores de muy alto contraste puede convertir una ventana en incomoda e ilegible.
- Ü Todas las ventanas de una misma categoría deben tener el mismo color de fondo.
- Ü Si todas las ventanas de alarma son de un mismo color de fondo, bastará con echar un vistazo al monitor para saber si algo anda mal sin necesidad de leer.

Ubicación de los elementos

- Ü Elementos importantes como alarmas o estados operativos, colocarlos en los márgenes superior o inferior preferiblemente.
- Ü La información en pantalla debe ser siempre la justa y necesaria.
- Ü Los datos extra deben aparecer solo si se les requiere (asignar botones que abran pantallas).
- Ü Saltos a otras ventanas, utilizar una forma clara de volver atrás, con un solo botón colocado en todas las ventanas, preferiblemente en el mismo sitio.
- Ü Para facilitar percepción, interpretación y asimilación de los datos, utilizar principios básicos de la conducta humana como lo son la proximidad y similitud.
- Ü Los elementos cercanos en el espacio se consideran agrupados.
- Ü Agrupar los controles de forma lógica y asignar zonas de trabajo a las ventanas.
- Ü Los elementos similares dan sensación de agrupamiento.

Letras y números

- Û Utilizar un tipo de fuente que cualquiera pueda poseer.
- Û No abusar del uso de mayúsculas y subrayados, ya que puede incomodar al usuario.
- Û Tomar en cuenta los efectos de espaciado, si aparece mucha información textual para facilitar la lectura.

3.7 Definición de términos básicos

Chiller: unidad enfriadora de líquidos, capaz de enfriar el ambiente usando la misma operación de refrigeración que los aires acondicionados o deshumidificadores, puede enfriar el agua, el aceite o cualquier otro fluido.

Evaporador: dicese del intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica desde un medio a ser enfriado hacia el fluido refrigerante que circula en el interior del dispositivo.

Condensador: llamado también condensador termodinámico es un intercambiador térmico, en cual se pretende que el fluido que lo recorre cambie a fase líquida desde su fase gaseosa mediante el intercambio de calor con otro medio.

Válvula de expansión: es un tipo de dispositivo de expansión regulable, que puede ser manual o automático, usado para regular la inyección de refrigerante líquido a los evaporadores; es un componente clave en sistemas de refrigeración ya que tiene la capacidad de generar la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Según la concepción de Arias (2012), “el marco metodológico es el cómo se realizó el estudio para responder al problema planteado” (p. 110). A su vez, el marco metodológico debe incluir el tipo o tipos de investigación, así como las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la misma.

En el capítulo a continuación, se enfocan los aspectos relativos a la metodología que se empleará para realizar el presente estudio, tomando en consideración el tipo de investigación, diseño de la misma, así como también, el desarrollo de cada una de las fases metodológicas que conforman esta investigación.

4.1 Tipo de investigación

La investigación se desarrollará enfocada hacia la metodología de proyecto factible debido a que ésta permitirá satisfacer una necesidad en la empresa Matadero del Campo, C.A mediante el mejoramiento del sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.

En este sentido, la UPEL (2016) define el proyecto factible como un estudio que "consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales" (p. 07).

Asimismo, el proyecto factible se abordará de la siguiente manera, primero se realizará el diagnóstico de la situación planteada; en segundo lugar, se determinará la factibilidad administrativa, técnica y operativa, de que la propuesta tenga la potencialidad de ser aplicada; y tercero, se diseñará formalmente la propuesta, con sus elementos descriptivos y explicativos correspondientes.

4.2 Diseño de la investigación

De acuerdo al diseño de la investigación, es decir, la estrategia adoptada para responder al problema planteado, el estudio se ubica como una investigación de campo. Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2016), la investigación de campo, es aquella que se refiere al:

Análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques conocidos o en desarrollo (p.14).

Por otro lado, esta investigación de campo se apoyó en el empleo de fuentes documentales a partir de las cuales se construyen los fundamentos teóricos que dan sustento al estudio. Para Arias (2012) una investigación documental es “aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos” (p.49). En este sentido, la información utilizada se deriva de fuentes primarias a través de la aplicación de entrevistas, y de fuentes secundarias por medio de la revisión de contenidos en libros, trabajos de grado y todo aquel material bibliográfico que se encuentra relacionado con el objeto de este estudio.

4.3 Nivel de la investigación

Para desarrollar este proyecto se consideró realizar una investigación descriptiva; según Tamayo y Tamayo (2015), la investigación descriptiva: “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente” (p.35).

Esto debido a que en ella, se refieren los detalles relacionados con los componentes constitutivos del sistema de refrigeración actual y su funcionamiento, y a su vez, se especifican los que formarán parte de la propuesta del monitoreo del sistema de refrigeración y el registro de los parámetros de funcionamiento que se hará

en la empresa Matadero del Campo, C.A.

4.4 Fases de la investigación

Las fases metodológicas comprenden un seguimiento detallado de los objetivos específicos ya establecidos, los cuales servirán de guía para el desarrollo del objetivo general de esta investigación de una forma adecuada.

Fase I: Diagnóstico de la problemática existente con respecto al monitoreo y registro de las variables en el sistema de refrigeración de aves beneficiadas de la empresa Matadero del Campo, C.A.

En esta fase, se diagnosticó cual es el inconveniente con el procedimiento actual que se lleva a cabo en la empresa Matadero del Campo, C.A con respecto al monitoreo y registro de las variables fundamentales arrojadas por el sistema de refrigeración. Para ello, se utilizó la observación directa del proceso productivo actual y las actividades que se desarrollan en planta, así como también se realizó una entrevista no estructurada al personal de trabajo encargado del área en estudio.

Fase II: Determinación de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas a ser monitoreados y registrados.

Luego de diagnosticar la problemática existente, se realizó un estudio acerca del funcionamiento de los sistemas de refrigeración industrial por compresión mecánica, con la finalidad de comprender como debe ser el uso adecuado de los mismos, y comparar dicho estudio con el sistema de refrigeración de la empresa Matadero del Campo, C.A. Esto permitió conocer cuáles deben ser los parámetros a monitorear y registrar en el sistema propuesto, aparte de los que ya se recopilan actualmente, y lograr que el desarrollo de esta investigación fuese realmente efectivo. Para ello, se hizo uso de la revisión documental acerca del tema en estudio y se utilizó un registro descriptivo para organizar toda la información recopilada acerca de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de la empresa.

Fase III: Estudio de la factibilidad técnica, económica y operativa del sistema de monitoreo propuesto.

En la fase mencionada, se realizó un estudio de la factibilidad técnica, económica y operativa del proyecto, con el fin de verificar si el sistema a desarrollar es viable y cumple con las expectativas de la empresa Matadero del Campo, C.A.

Fase IV: Desarrollo de la aplicación de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas.

Por último, en esta fase se realizó el desarrollo del sistema SCADA en el cual se visualizan los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración en tiempo real, los registros históricos de los mismos y las tendencias de los parámetros más importantes para el sistema de refrigeración. Por otra parte, dicho sistema permite supervisar los equipos y observar las alarmas que se generan de acuerdo a su prioridad. Con este fin, se hizo uso del software InTouch, para el desarrollo de la interfaz HMI y su componente WindowViewer, para simular la aplicación desarrollada.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Los resultados de este trabajo se basan en la recolección de los datos obtenidos en la investigación y el análisis efectuado de los mismos. Los resultados permiten dar significado a los capítulos anteriores de este informe y hacer válido el presente estudio.

5.1 Fase I: Diagnóstico de la problemática existente con respecto al monitoreo y registro de las variables en el sistema de refrigeración de aves beneficiadas de la empresa Matadero del Campo, C.A.

Para el diagnóstico de la problemática existente, se observó el procedimiento actual para el monitoreo de las variables en el sistema de refrigeración de la empresa Matadero del Campo, C.A., el cual es posible gracias a un conjunto de equipos operativos en planta que controlan el mismo.

La observación exhaustiva del mencionado sistema se realizó con el fin de evaluar las deficiencias que se presentan en el sistema de monitoreo actual del sistema de refrigeración, a manera de poder sugerir acciones que permitan mejorar el funcionamiento y mantenimiento de los equipos que se utilizan en dicho sistema.

Adicionalmente, se investigó por medio de entrevistas al personal calificado, el procedimiento actual para el registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, el cual es realizado por los técnicos del área de servicios industriales que pertenecen al departamento de mantenimiento de la empresa, y de esta manera, se logró identificar la problemática existente en el registro de dichos parámetros de funcionamiento.

A continuación, se presentan detalladamente los resultados obtenidos de lo mencionado anteriormente:

En primera instancia, entre los equipos operativos en planta que permiten controlar y monitorear el sistema de refrigeración se encuentran:

- El compresor de tornillo marca Frick modelo RWF II 222 H, de una potencia nominal de 500 HP, utilizado para el sistema de cavas de congelación, se encarga de comprimir refrigerante del tipo R717 (amoníaco) utilizando un Setpoint de -0.08 Bar para cumplir con el ciclo de refrigeración adecuado y mantener las cavas de la planta a una temperatura de congelación de aproximadamente -18 °C. Este equipo cuenta con un panel de operador marca Frick modelo Quantum LX para monitoreo y operación, instalado en compresor, como se observa en la figura 12, en el cual se visualizan los parámetros de funcionamiento del equipo, pero el mismo está limitado en cuanto al registro y la visualización de tendencias de sus parámetros.



Figura 12. Compresor para el sistema de cavas de congelación conjunto con su panel de operador

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü El compresor de tornillo marca Frick modelo RWF II 222 H, de una potencia nominal de 500 HP, para el sistema de reenfriamiento de agua proveniente del chiller de pollos, se observa en la figura 13. El mismo se encarga de comprimir el amoníaco a un Setpoint de 33.4 Psig, para cumplir con el ciclo de refrigeración y permitir, indirectamente, el intercambio de frío entre el agua de proceso de enfriamiento del pollo que circula por los tubos del rechiller y la carcasa interna de este por la cual circula amoníaco. Cabe destacar, que todos los paneles de operador que pertenecen a los compresores Fricks, mencionados en este informe, son iguales.



Figura 13. Compresor para el sistema de reenfriamiento de agua conjunto con su panel de operador

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü El compresor de tornillo marca Frick modelo RXF 101 H, de una potencia nominal de 250 HP, para el proceso de fabricación de hielo en escamas, se visualiza en la figura 14. Este se encarga de comprimir el amoníaco hasta alcanzar un Setpoint de 0.4 Hg, y de esta forma, permitir, indirectamente, la producción de hielo en forma de escamas en la planta de hielo a través de la circulación de refrigerante amoníaco por los tambores del equipo. Este hielo es creado y descargado hacia el chiller de pollos por medio de un transportador de tornillo giratorio, para mantener el agua del chiller en un rango de 0°C a 2°C.



Figura 14. Compresor para la planta de hielo en escama conjunto con su panel de operador

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü El compresor de tornillo marca Frick modelo RFX 50 H, de una potencia nominal de 150 HP, para el área de agua fría, se visualiza en la figura 15. Este se encarga de comprimir el amoníaco a un Setpoint de 42.5 psig para alcanzar una presión de descarga máxima de 180 psig, y de esta forma, indirectamente, disminuir la temperatura del agua fresca que ingresa en el intercambiador de placas de amoníaco, para mantener el agua dirigida al proceso de enfriamiento del pollo alrededor de unos 4°C.



Figura 15. Compresor para el área de agua fría conjunto con su panel de operador

Fuente: Moncaleano (2017).

El panel de operador de los compresores Fricks y la manera en la que estos representan los parámetros de funcionamiento, se observa en la figura 16.



Figura 16. Panel de operador de los compresores Fricks

Fuente: Moncaleano (2017).

La manera en la que se visualizan las tendencias de los parámetros de funcionamiento, queda limitado con respecto a su comportamiento en tiempo real, y a su vez, en cuanto a las tendencias históricas, no existen cursores que permitan visualizar el histórico en el día que se requiera para análisis del sistema, como se observa en la figura 17.

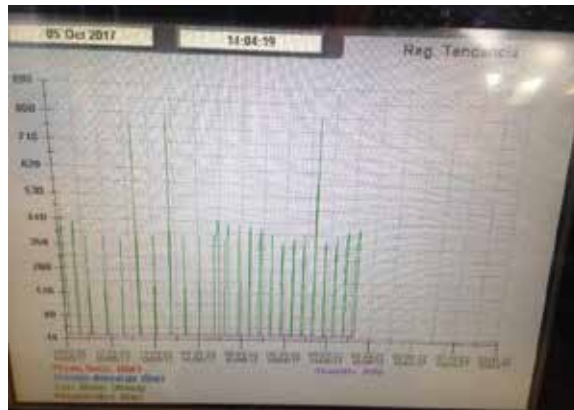


Figura 17. Tendencia histórica de variables módulos Fricks

Fuente: Moncaleano (2017).

Por otra parte, en la figura 18, se aprecia el registro por defecto de los parámetros de funcionamiento según las variables que el técnico haya configurado, y en la figura 19, en el menú de configuración de tendencias, se observa claramente que no es posible descargar un registro automático del controlador a una computadora base para gestionar datos, solamente por puerto USB habilitando la opción de descarga manual.



Figura 18. Tendencia histórica de variables módulos Fricks

Fuente: Moncaleano (2017).



Figura 19. Configuración de tendencias módulos Fricks

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü El sistema de reenfriamiento de agua o rechiller, se observa en la figura 20, el mismo se encarga de reenfriar el agua de proceso que circula por los tubos internos del equipo haciendo un intercambio de calor con el amoniaco que circula por la carcasa y de esta forma, mantener el agua en el chiller de planta a una temperatura de aproximadamente 2°C y la temperatura del pollo que transporta el chiller en el proceso de beneficio entre los 3°C y 4°C.



Figura 20. Rechiller

Fuente: Moncaleano (2017).

El sistema del rechiller cuenta con un panel de operador marca Unitronics modelo v570, en el cual se visualiza el estado de los componentes del sistema (bombas, sensores) y algunos parámetros básicos como se puede observar en la figura 21. Cabe destacar que, este equipo no registra parámetros automáticamente a una computadora base, ni permite visualizar tendencias de variables para análisis futuros.



Figura 21. Panel de operador del rechiller

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü El tanque receptor de amoníaco para el sistema de cavas de congelación y climatización del área de despresado, es el tanque principal de reserva de este refrigerante, y de donde dichas áreas obtienen el mismo durante todo su ciclo. Este equipo cuenta con un sensor de nivel tipo LLSS, como se observa en la figura 22, el cual se encarga de enviar una señal a un controlador que permita, por seguridad, apagar los equipos en caso de que el

tanque se quede vacío y emitir una alarma, ya que el tanque siempre debe tener un porcentaje mínimo de refrigerante líquido.



Figura 22. Sensor LLSS para el tanque receptor

Fuente: Moncaleano (2017).

De igual manera, existe actualmente otro sistema de visualización que permite monitorear los parámetros de funcionamiento de una parte del sistema de refrigeración. Este sistema está ubicado en la sala de máquinas del departamento de mantenimiento en una computadora de escritorio, así como en un panel táctil de visualización como se puede observar en las figuras 23 y 24.



Figura 23. Sistema de supervisión actual de la cava 3 y despresado

Fuente: Moncaleano (2017).



Figura 24. Panel de visualización ubicado en sala de máquinas

Fuente: Moncaleano (2017).

Cabe destacar, que esta parte del sistema, solamente permite supervisar los equipos que funcionan en conjunto con las cavas de congelación y la climatización del área de despesado de la planta beneficiadora de aves.

A continuación, se hará una breve descripción acerca de lo que se visualiza en las pantallas del sistema actual:

- Ü En la pantalla del separador de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, se observan todos los elementos que componen el sistema de dicho separador como el intercambiador de placas y sus bombas de glicol, bombas de amoníaco del separador, mini tanque del sistema, válvulas automáticas, así como también se visualizan la temperatura y la presión de cada uno de estos elementos como se observa en la figura 25. Este sistema se encarga de garantizar que el compresor de amoníaco, utilizado para la climatización del área de despesado, no succione amoníaco en estado líquido y a su vez de recircular el amoníaco condensado a otras partes del sistema.

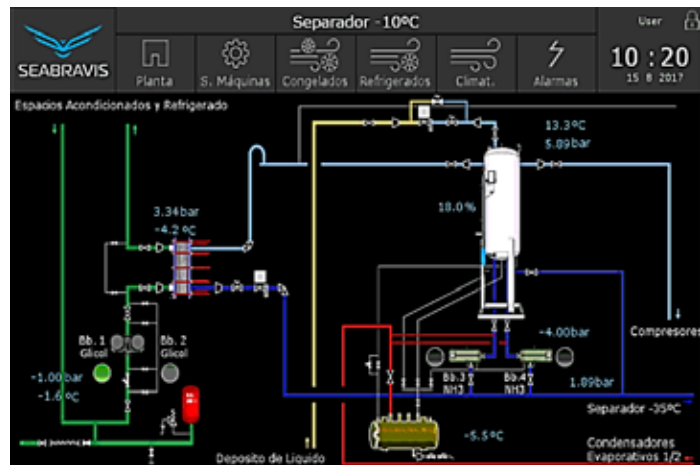


Figura 25. Pantalla del separador de -10°C

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü Pantalla del separador de -35 °C, en ella se observa el tanque del sistema junto con sus bombas, sus válvulas automáticas, el nivel, presiones y temperaturas relacionadas, como se visualiza en la figura 26. Este sistema garantiza que el compresor para las cavas de congelación, no succione líquido y a su vez, de recircular el amoníaco en el sistema de refrigeración.

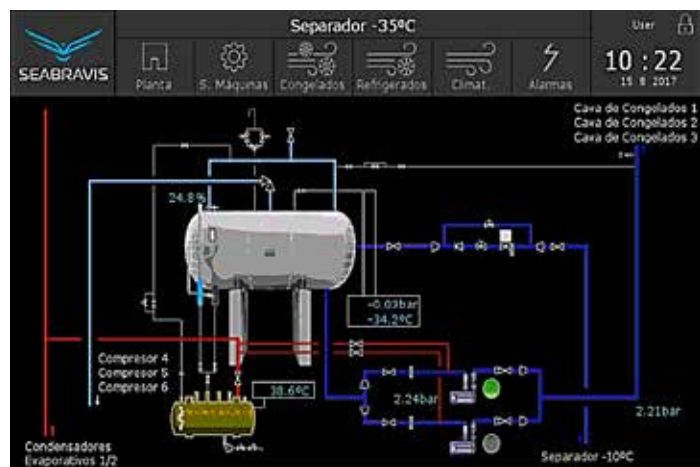


Figura 26. Pantalla del separador -35°C

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü Pantalla de compresores Sabroe 1, 2 y 3, en ella se visualiza el compresor para la sala de despresado conocido como 1, y otros dos compresores que se colocaron para una ampliación futura como se observa en la figura 27. También se observa el estado y la presión de entrada y salida de cada uno.

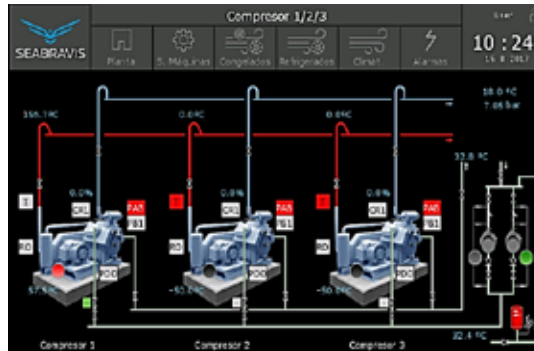


Figura 27. Pantalla de compresores Sabroe

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü Pantalla de compresores Fricks 4, 5 y 6, en esta se visualizan 3 compresores que se utilizarán, próximamente, para el sistema de cavas de congelación, dos de ellos en trabajo permanente y el otro para respaldo como se observa en la figura 28. Actualmente, 2 de estos tienen otra función de forma provisional.

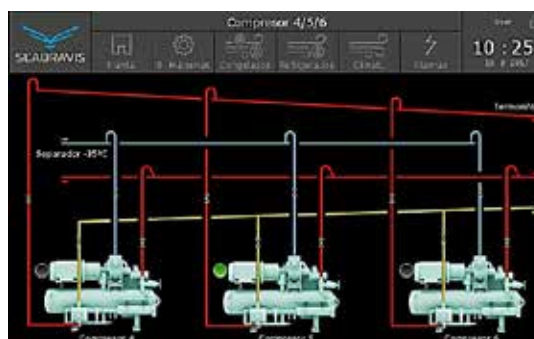


Figura 28. Pantalla de compresores Fricks

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü Pantalla de condensadores evaporativos 1 y 2, en esta se visualiza el estado de los condensadores evaporativos 1 y 2, estado de las electroválvulas, el termosifón del sistema y el tanque receptor, antes mencionado, con su presión y temperatura interna como se observa en la figura 29.

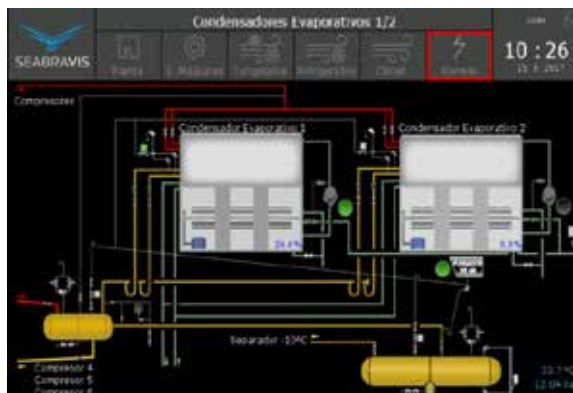


Figura 29. Pantalla de condensadores evaporativos

Fuente: Moncaleano (2017).

En segunda instancia, las áreas restantes del sistema de refrigeración, en su mayoría, no poseen un sistema de visualización actualizado y su supervisión se realiza mientras se recorre la sala de máquinas gracias a manómetros analógicos, indicadores en el tablero de control, controladores de temperatura en sitio. No se encuentra instalado un sistema que permita registrar datos ni alarmas, así como tampoco se puede realizar un análisis con tendencias en tiempo real e histórico en el que se visualice los parámetros de funcionamiento del compresor para tomar acciones al respecto. Esto se observa en los equipos a continuación:

Ü Los compresores Sabroe de alta y baja presión para los túneles de congelación 1 y 2, se encargan de aumentar la presión de succión que proviene del sistema de refrigeración para obtener la temperatura ideal congelación, que es de alrededor de unos -10°C (alta presión) y -35°C (baja presión), como se puede observar en la figura 30.



Figura 30. Compresores Sabroe de alta y baja presión para los túneles 1 y 2

Fuente: Moncaleano (2017).

Estos compresores, están controlados por tableros de lógica cableada, que tienen luces indicadoras, indicadores eléctricos analógicos, manómetros e internamente controladores de temperatura para controlar el sistema, como se observa en la figura 31.



Figura 31. Tablero de control para compresores de alta y baja presión

Fuente: Moncaleano (2017).

Ü El compresor Mycom de la planta de hielo, véase figura 32, se encarga de aumentar la presión de succión para permitir, indirectamente, la fabricación de hielo que se forma en la superficie interna de unos tubos verticales con agua dentro de los mismos y el refrigerante amoníaco, en el espacio circundante. Este hielo es utilizado para disminuir la carga térmica del pollo a alta temperatura antes de ingresar a los túneles de congelación.



Figura 32. Compresor Mycom para la planta de hielo

Fuente: Moncaleano (2017).

Este compresor, es controlado por un tablero semiautomático, programado con

un PLC modelo Logo de la marca Siemens, el cual refleja el estado del compresor mediante luces indicadoras, indicadores eléctricos analógicos, y algunos manómetros, como se observa en la figura 33.



Figura 33. Tablero de control, para el compresor Mycom de planta de hielo

Fuente: Moncaleano (2017).

Por tal razón, se hace necesario integrar la supervisión de todo este sistema en una sola interfaz de visualización que les permita monitorear y controlar el mismo desde un lugar remoto específico.

Por otra parte, en cuanto al registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, los técnicos de servicios industriales poseen un formato impreso con los parámetros esenciales a registrar diariamente, como se puede observar en el anexo A-1 y A-2. Este formato debe ser llenado por ellos cada 2 horas, haciendo un recorrido por planta, inspeccionando cada uno de los equipos que componen el sistema de refrigeración, para anotar el valor de estos parámetros de

funcionamiento y así el analista de servicios industriales pueda llevar un control más minucioso del comportamiento de su sistema. Es necesario acotar, que este procedimiento de registro se realiza desde las 7 am de la mañana hasta las 5 am del día siguiente, es decir, un total de 22 horas por día, contabilizando 154 horas de lunes a domingo.

Aunado a esto, los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, se utilizan para llevar un control adecuado del sistema y las personas encargadas del mismo. Esto se realiza mediante órdenes de trabajo preventivo (OTP) como se visualiza en los anexos B-1 y B-2, de las cuales se obtienen una cantidad de datos relevantes que permiten generar indicadores de gestión y eficiencia con respecto a diferentes aspectos, como el cumplimiento de los reportes diarios de los técnicos de servicios industriales (ver anexos C-1 y C-2), el consumo de energía diario, el cumplimiento de órdenes de trabajo (OT) utilizadas para el mantenimiento correctivo, así como, el consumo de agua por ave beneficiada según se muestra en el anexo D-1.

Debido al método utilizado actualmente para el registro, existen ciertos procedimientos e indicadores que no pueden generarse, ya que este registro se queda en el papel, y se necesitaría de muchas horas hombre para vaciar esta información a la computadora y así, manejar dicha información de una manera más eficiente. Es por esto que se requiere de un sistema automático para almacenar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración. La inclusión del registro automático permitiría a los técnicos ocuparse en otras labores y haría más fácil y rápida la gestión de la información, destacando que adicionalmente, la información podría ser respaldada.

En tercera instancia, las respuestas obtenidas de las entrevistas al personal de trabajo, que incluye la jefa de servicios industriales, el analista de servicios industriales y los técnicos de refrigeración, reflejaron lo siguiente:

Ü “El sistema de monitoreo actual está distribuido en toda la planta y se ha vuelto un trabajo complejo supervisar todos los equipos del sistema en tiempo real, es por ello que requerimos de un sistema centralizado que nos permita realizar esto desde un solo lugar”.

- Û “Pasamos demasiadas horas registrando parámetros de funcionamiento, no hemos terminado una medición cuando ya debemos registrar otra”.
- Û “Si ocurre una falla en planta o con cualquier equipo del área, no podemos registrar parámetros de funcionamiento hasta que ésta haya sido solucionada”.
- Û “Gestionar la información registrada me lleva más del tiempo necesario, invierto demasiado tiempo para generar los indicadores del área de trabajo”.
- Û “Con un sistema centralizado podría solucionar fallas de forma remota”.
- Û “Obtener reportes automáticos me da seguridad de que realmente estoy obteniendo valores veraces del sistema de refrigeración”.
- Û “Necesito visualizar tendencias históricas de los parámetros de funcionamiento para análisis futuros”.
- Û “Los técnicos del área podrían enfocarse en otras labores relevantes, más que registros de parámetros”.
- Û “Sí ocurre una falla con algún equipo y ésta no es diagnosticada a tiempo, debido a que el sistema de refrigeración es supervisado de forma distribuida, esto afectaría directamente en la producción”.

Debido a las respuestas obtenidas y los resultados anteriores se optó por proponer el diseño de un sistema centralizado de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas en la empresa Matadero del Campo C.A.

5.2 Fase II: Determinación de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas a ser monitoreados y registrados.

Los parámetros de funcionamiento sugeridos fueron elegidos tomando como base la documentación investigada en capítulos anteriores, así como el asesoramiento de técnicos y profesionales en el área que, a su vez, conocen el sistema de refrigeración actual de la empresa.

Según la importancia en el control y la supervisión del sistema de refrigeración los parámetros de funcionamiento a ser monitoreados se encuentran en las tablas que

van desde la tabla 1 hasta la tabla 7:

Tabla 1. Parámetros a monitorear del compresor 150 HP de agua fría

Frick Quantum Lx compresor 1		
Potencia	150 HP	
Proceso	Agua fría	
Modbus ID	1	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
	Capacidad de trabajo	43001
	Estado del compresor	44001
	Modo del compresor	44008
Horas de operación	43019	
Nº total de variables a monitorear en el equipo		18

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 1, para el compresor del área de agua fría se deben monitorear un total de 18 variables principalmente.

Tabla 2. Parámetros a monitorear del compresor 250 HP de hielo en escama

Frick Quantum Lx compresor 2		
Potencia	250 HP	
Proceso	Planta de hielo en escama	
Modbus ID	2	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
	Capacidad de trabajo	43001
	Estado del compresor	44001
	Modo del compresor	44008
Horas de operación	43019	
N° total de variables a monitorear en el equipo		18

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 2, para el compresor de la planta de hielo en escama las variables a monitorear corresponden a un total de 18 variables.

Tabla 3. Parámetros a monitorear del compresor 500 HP del rechiller

Frick Quantum Lx compresor 3		
Potencia	500 HP	
Proceso	Rechiller	
Modbus ID	3	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
	Capacidad de trabajo	43001
	Estado del compresor	44001
	Modo del compresor	44008
Horas de operación	43019	
N° total de variables a monitorear en el equipo		18

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 3, para el compresor del rechiller se deben monitorear 18 variables principalmente.

Tabla 4. Parámetros a monitorear del compresor 500 HP para la cava 3

Frick Quantum Lx compresor 4		
Potencia	500 HP	
Proceso	Cava 3	
Modbus ID	4	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
	Capacidad de trabajo	43001
	Estado del compresor	44001
	Modo del compresor	44008
Horas de operación	43019	
Nº total de variables a monitorear en el equipo		18

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 4, se deben monitorear un total de 18 variables para el compresor de la cava 3. Y de acuerdo con la tabla 5, para el sistema del rechiller se deben monitorear un total de 9 variables principalmente.

Tabla 5. Parámetros a monitorear del rechiller

Unitronics Vision v570 OPLC 1		
Ubicación	Sala de máquinas	
Proceso	Rechiller	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Estado del rechiller	O0
	Presión de la bomba	MI0
	Estado de la bomba 1	O1
	Estado de la bomba 2	O2
	Temperatura de entrada	MI1
	Temperatura de salida	MI2
	Sensor de nivel bajo	I0
	Sensor de nivel medio	I1
Sensor de nivel alto	I2	
Nº total de variables a monitorear en el equipo		9

Fuente: Moncaleano, (2017).

Tabla 6. Parámetros a monitorear del indicador de temperaturas

Unitronics Vision v570 OPLC 2		
Ubicación	Sala de control	
Proceso	Prechiller y chiller del área de beneficio en planta	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Temperatura de agua a la salida del chiller	MI0
	Temperatura 1 del prechiller	MI1
	Temperatura 2 del prechiller	MI2
	Temperatura de retorno del chiller	MI3
	Temperatura de sobreflujo en el prechiller	MI4
Temperatura de sobreflujo en el chiller	MI5	
Nº total de variables a monitorear en el equipo		6

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 6, para indicar temperaturas del prechiller y chiller se deben monitorear un total de 6 variables principalmente.

Tabla 7. Parámetros a monitorear del sistema de las cavas de congelación

Omron Sysmac CJ2M-CPU35		
Ubicación	Cuarto de sala de máquinas	
Proceso	Sistema de cavas de congelación	
Variables a monitorear	Variable	Dirección
	Nivel de amoníaco en tanque receptor	7.03
	Presión interna en tanque receptor	2026
	Temperatura en tanque receptor	D101
Nº total de variables a monitorear en equipo		3

Fuente: Moncaleano, (2017).

Gracias a los resultados de las tablas anteriores, de acuerdo a cada uno de los equipos, se conoce que los parámetros esenciales de funcionamiento indispensables a monitorear en el sistema de refrigeración corresponden a un total de 90 variables, las cuales son suficientes para analizar dichos equipos y mantener el sistema de refrigeración en control.

A su vez, cada una de estas tablas contienen el ID de cada equipo, conjunto con la dirección de las variables, las cuales son necesarias para lograr la comunicación, si se desea implementar el sistema propuesto.

A continuación, se presentan, desde la tabla 8 hasta la tabla 14, los parámetros de funcionamiento a ser registrados en el sistema de refrigeración:

Tabla 8. Parámetros a registrar del compresor 150 HP de agua fría

Frick Quantum Lx compresor 1		
Potencia	150 HP	
Proceso	Agua fría	
Variables a registrar	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
	Capacidad de trabajo	43001
Horas de operación	43019	
Nº total de variables a registrar en el equipo		16

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 8, para el compresor del área de agua fría se deben registrar un total de 16 variables.

Tabla 9. Parámetros a registrar del compresor 250 HP de hielo escama

Frick Quantum Lx compresor 2		
Potencia	250 HP	
Proceso	Planta de hielo en escama	
VARIABLES A REGISTRAR	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
Capacidad de trabajo	43001	
Horas de operación	43019	
Nº total de variables a registrar en el equipo		16

Fuente: Moncaleano, (2017).

De acuerdo con la tabla 9, principalmente, se deben registrar un total de 16 variables para el compresor de la planta de hielo en escama.

Tabla 10. Parámetros a registrar del compresor 500 HP del rechiller

Frick Quantum Lx compresor 3		
Potencia	500 HP	
Proceso	Rechiller	
VARIABLES A REGISTRAR	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
	Capacidad de trabajo	43001
Horas de operación	43019	
Nº total de variables a registrar en el equipo		16

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 10, para el compresor del rechiller se deben registrar, principalmente, 16 variables.

Tabla 11. Parámetros a registrar del compresor 500 HP de la cava 3

Frick Quantum Lx compresor 4		
Potencia	500 HP	
Proceso	Cava 3	
Variables a registrar	Variable	Dirección
	Setpoint presión de succión	47151
	Presión de succión real	42003
	Temperatura de succión	42012
	Superheat en succión	43020
	Presión de descarga	42004
	Temperatura de descarga	42013
	Superheat en descarga	43021
	Temperatura de aceite	42014
	Presión diferencial de aceite o filtro	42008
	Presión de aceite	42005
	Estado del separador de aceite	41021
	Temperatura del separador	42015
	Amperaje del compresor	42028
	Potencia estimada	43063
Capacidad de trabajo	43001	
Horas de operación	43019	
Nº total de variables a registrar en el equipo		16

Fuente: Moncaleano, (2017).

De acuerdo con la tabla 11, se deben registrar un total de 16 variables para el compresor de la cava 3.

Tabla 12. Parámetros a registrar en el sistema del rechiller

Unitronics Vision v570 OPLC 1		
Ubicación	Sala de máquinas	
Proceso	Rechiller	
Variables a registrar	Variable	Dirección
	Presión de la bomba	MI0
	Temperatura de entrada	MI1
	Temperatura de salida	MI2
Nº total de variables a registrar en equipo		3

Fuente: Moncaleano, (2017).

De acuerdo con lo mostrado en la tabla 12, para el sistema del rechiller se deben registrar, principalmente, 3 variables.

Tabla 13. Parámetros a registrar en indicador de temperaturas

Unitronics Vision v570 OPLC 2		
Ubicación	Sala de control	
Proceso	Prechiller y chiller del área de beneficio en planta	
Variables a registrar	Variable	Dirección
	Temperatura de agua a la salida del chiller	MI0
	Temperatura 1 del prechiller	MI1
	Temperatura 2 del prechiller	MI2
	Temperatura de retorno del chiller	MI3
	Temperatura de sobreflujo en el prechiller	MI4
	Temperatura de sobreflujo en el chiller	MI5
Nº total de variables a registrar en equipo		6

Fuente: Moncaleano, (2017).

Según la tabla 13, para el sistema de indicación de temperaturas del prechiller y chiller se deben registrar un total de 6 variables, que corresponden a las mismas variables que se deben monitorear en el equipo.

Tabla 14. Parámetros a registrar en el sistema de las cavas de congelación

Omron Sysmac CJ2M-CPU35		
Ubicación	Cuarto de sala de máquinas	
Proceso	Sistema de cavas de congelación	
Variables a registrar	Variable	Dirección
	Nivel de amoníaco en tanque receptor	7.03
	Presión interna en tanque receptor	2026
	Temperatura en tanque receptor	D101
Nº total de variables a registrar en equipo		3

Fuente: Moncaleano, (2017).

De acuerdo con la tabla 14, para el sistema de las cavas de congelación se deben registrar un total de 3 variables, que corresponden a las mismas variables que se deben monitorear en el equipo.

Con los resultados de últimas tablas, se logra totalizar que el número de parámetros de funcionamiento a registrar en el sistema de refrigeración corresponde a 76 variables.

Aunado a esto, existen otros parámetros que deberían ser monitoreados y registrados automáticamente en el sistema de refrigeración de la empresa Matadero

del Campo, C.A., pero debido a la tecnología antigua que estos sub-sistemas poseen, no es posible hacerlo.

5.3 Fase III: Estudio de la factibilidad técnica, económica y operativa del sistema de monitoreo propuesto.

Análisis de Factibilidad Técnica

A continuación, se presentan las especificaciones que permiten seleccionar el software a utilizar para el diseño del sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, así como también las especificaciones de los equipos de comunicación necesarios para lograr el correcto funcionamiento, si se llegase a implementar dicho sistema.

Para describir estas especificaciones, se tomaron en cuenta las variables del proceso, así como los equipos actuales empleados en el mismo. A su vez, se consultaron diferentes catálogos de marcas de dispositivos, para emitir cada una de las características necesarias de la especificación.

Para llevar a cabo el sistema de monitoreo y registro propuesto es necesario hacer uso de un software de SCADA, en el cual se realice la interfaz HMI y la adquisición de las variables, en este caso, los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.

Asimismo, para correr la aplicación en tiempo real, se debe disponer del programa, conocido como runtime, que permite ejecutar la construida en el nodo del usuario final. El sistema propuesto, requiere de un programa runtime que maneje un mínimo de 1000 tags, de manera que se pueda tener holgura en el sistema, para variables extra o ampliaciones del mismo. A su vez, dependiendo de la marca del software a utilizar, es necesario un componente para el almacenamiento de datos (datalogging) que permitirá registrar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.

Por otra parte, el sistema de monitoreo y registro propuesto requiere de elementos que permitan la comunicación entre los equipos de campo y la interfaz

HMI a una velocidad mínima de 100 Mbps, para visualizar la información en tiempo real.

Entre los otros requerimientos que se necesitan para implementar el sistema propuesto se encuentra una computadora que utilice un procesador de alto rendimiento, una memoria ram de 4 Gb y 320 Gb en disco duro como mínimo, asimismo se requiere que contenga 2 tarjetas de red para la comunicación, ya que dicha computadora debe pertenecer a la red de la empresa y a su vez, permitir la adquisición de datos proveniente de los equipos del sistema, por último, la pantalla que se requiere para el monitoreo debe permitir una resolución mínima de 1366x768 debido a la resolución en la que se desarrolló el sistema propuesto.

Cabe considerar, que en el mercado existen diferentes softwares para desarrollar SCADA, los cuales podrían cumplir con las especificaciones mencionadas; no obstante, cada software tiene sus ventajas y desventajas, algunos poseen mejor interfaz de visualización, facilidad para la programación, menor costo, simplificación de los requerimientos (menos componentes necesarios para el desarrollo), conectividad ilimitada, requisitos del sistema, entre otras cosas.

Uno de ellos es el software Wonderware Intouch, el cual corresponde a la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y al software de visualización de procesos más avanzado y conocido en el mundo. Este ofrece una innovación de primer nivel, gráficos brillantes, máxima facilidad de uso y una conectividad inigualable. InTouch se ha convertido en la tecnología gráfica más sofisticada y el producto más intuitivo del mercado para visualización de procesos.

El software Wonderware Intouch, se ha convertido en el HMI más apreciado en el mundo y utilizado en más de un tercio de las plantas industriales y de fabricación, este permite que los usuarios puedan crear rápidamente aplicaciones estandarizadas y reutilizables de visualización e instalables con un solo clic en toda la empresa, incluyendo a los usuarios móviles.

Es por ello, que se utilizó dicho software para desarrollar el sistema de monitoreo y registro propuesto. A continuación, en la tabla 15, se presentan las especificaciones del software seleccionado.

Tabla 15. Especificaciones técnicas del software Wonderware Intouch

Especificaciones Técnicas	
Software	Wonderware Intouch
Requisitos del sistema - SO del cliente:	Microsoft® Windows® 7 SP1 y 8 Embedded (32 bit) [Windows 7.1 SP 1 Embedded debe utilizar Application Compatibility Template. Windows 8 Embedded debe utilizar la imagen completa con todos los módulos]
	Microsoft Windows 7 SP1 Professional, Enterprise, Ultimate (32/64 bit)
	Microsoft Windows 8, 8.1 y 10 Professional y Enterprise (32/64 bit)
	Windows 10 Embedded, Standard, Enterprise
Requisitos del sistema - SO del servidor:	Microsoft Windows 2008 R2 SP1 Standard y Enterprise (32/64-bit)
	Microsoft Windows 2008 R2 SP1, 2012 y 2012 R2 Embedded (32/64-bit)
	Microsoft Windows Server 2012 y 2012 R2 Standard y Data Center (32/64-bit)
Requisitos del sistema – servidor de Microsoft SQL:	Microsoft SQL 2008 SP3 Express (solo 32 bit), Standard y Enterprise(32/64 bit)
	Microsoft SQL 2008 R2, 2008 R2 SP1 y 2008 R2 SP2 Express (solo 32 bit), Standard y Enterprise (32/64 bit)
	Microsoft SQL 2008 R2 SP3 Express, Standard y Enterprise (32/64 bit)
	Microsoft SQL 2012, 2012 SP1 and 2012 SP2 Express, Standard y Enterprise (32/64-bit)
	Microsoft SQL 2014 Express (32-bit only), Standard y Enterprise(32/64-bit)

	Microsoft SQL 2014 SP1 Express, Standard y Enterprise(32/64-bit)
Requisitos del sistema - Microsoft .Net Framework:	Microsoft .Net Framework 4.5.1, 4.5.2, y 4.6
Soporte de visualización	Hyper-V® (basado en la versión del SO compatible)
	VMWare® vSphere 5.0 y 6.0
	VMWare Workstation 7.x a 11.x

Fuente: Moncaleano, (2017).

Tabla 15. Cont.

Independencia y conectividad del hardware	Amplia gama variedad de opciones de comunicación para las principales marcas de PLC.
	Compatible con la tecnología OPC UA.
	Ofrece el medio para conectarse cualquier servidor OPC UA de terceros
	Se conecta a centenares de I/O y servidores OPC disponibles, y el toolkit de Wonderware DA Server le permite crear servidores de datos especializados de forma sencilla si es necesario.
	Ofrece conectividad a la gama más diversa de servidores de integración de dispositivos.
	Objetos DI para una total conectividad con dispositivos de campo.
	Permite la creación de plantillas que se pueden utilizar con cualquier fabricante de PLC/DCS/RTU con diferentes convenciones de denominación para las direcciones para una mayor rapidez de instalación y despliegue.

Despliegue de aplicaciones remotas	Compatible con Microsoft Remote Desktop Services.
	Gestión centralizada de aplicaciones mediante el entorno de desarrollo integrado (Integrated Development Environment, IDE) de Wonderware.
Soporte multilingüe	Permite el desarrollo de aplicaciones en diferentes idiomas, entre ellos inglés, francés, alemán, español, japonés y chino simplificado.
	Permite pasar de inglés a otro idioma en el tiempo de ejecución.

Fuente: Moncaleano, (2017).

Tabla 16. Especificaciones técnicas Switch

Especificaciones Técnicas	
Modelo	Stratix 2000 Switch (1783-US16T)
Puertos	16 Puertos Fast Ethernet

Fuente: Moncaleano, (2017).

En el caso de implementar el sistema propuesto se recomienda utilizar los equipos especificados en la tabla 16 y tabla 17.

Tabla 17. Computadora para monitoreo

Especificaciones Técnicas

Monitor benq led	19"
Memoria Ram Samsung	DDR3 4GB
Disco duro	320GB SATA III 7200rpm
Procesador Intel nueva tecnología	Dual Core

Fuente: Moncaleano, (2017).

De acuerdo con lo descrito anteriormente, el sistema de monitoreo propuesto es factible técnicamente ya que los equipos a supervisar se pueden conectar sin problema a una aplicación SCADA desarrollada en cualquier software que cumpla con los requerimientos especificados, así como los otros equipos que permiten la comunicación y la computadora de monitoreo.

Análisis de Factibilidad Operativa

Para realizar el monitoreo de los parámetros de funcionamiento del sistema, es necesario que los técnicos encargados de servicios industriales, realicen recorridos constantemente por las áreas en las cuales se encuentran los equipos que controlan el sistema de refrigeración y de esta manera, verificar el estado de los mismos, detectar algún inconveniente, así como medir los parámetros de funcionamiento más relevantes del sistema de refrigeración. Esta tarea, ocupa a los técnicos del departamento la mayor parte de su jornada laboral, sumado al tiempo que estos se toman realizando el registro de los parámetros de funcionamiento del sistema.

Por otro lado, cuando ocurre alguna falla emergente, los mismos no pueden encargarse de ambas cosas a la vez, dejando de monitorear el sistema el tiempo que estén ocupados solucionando otro problema y obviando el registro de los parámetros del funcionamiento durante ese tiempo. A esto se añade, el margen de error que se genera al registrar algún dato, desde la apreciación humana, donde puede influir el cansancio o las emociones en ese momento determinado.

Es por esto, que los sistemas de monitoreo centralizados permiten supervisar más eficientemente un proceso o sistema en tiempo real, sin pérdida de tiempo innecesaria; tan sólo con que una persona se encuentre monitoreando todas las variables de los equipos a través de una interfaz de visualización, se puede garantizar un control adecuado. En este mismo sentido, el técnico encargado estará realizando la supervisión en un solo lugar, y el sistema registrará todos los parámetros de funcionamiento, así como el reporte de alarmas las veinticuatro horas del día.

Por otra parte, si se realiza la configuración adecuada, se puede supervisar el sistema o solucionar problemas a distancia, siendo esto de gran ventaja; cuando se necesita una solución con prontitud.

Lo anteriormente expuesto, deja en claro que el sistema de monitoreo y registro propuesto es operativamente factible, ya que el mismo puede operar en planta, sin ningún inconveniente, al comunicar los equipos con la interfaz HMI y colocar el sistema propuesto en el cuarto de sala de máquinas donde se encuentran los técnicos del área.

A su vez, este sistema se convierte en factible al ser centralizado, lo cual genera accesibilidad y ergonomía para las personas encargadas, de igual manera, el mismo no generaría un rechazo por parte de los técnicos ya que estos están familiarizados con la supervisión de los equipos mediante interfaces HMI y de ser necesario, una corta inducción bastaría para enseñarlos a manejar el nuevo sistema.

Por último, los sistemas SCADA, fueron creados para mejorar la productividad y la eficiencia, al tener conocimiento de todo lo que ocurre desde un solo lugar y permitir el acceso remoto.

Análisis de Factibilidad Económica

La factibilidad económica exige el cálculo económico, para determinar si es conveniente invertir en el desarrollo del proyecto.

A continuación, se presenta el análisis de factibilidad económica, el cual debe confirmar que los beneficios que se obtendrán son justificables con respecto a los costos, en los que se incurrirán al desarrollar e implementar el proyecto o sistema.

Tabla 18. Costos asociados al proyecto propuesto

Descripción	Cantidad	Unidad	Costos
Wonderware InTouch Machine Edition Runtime Software 1000 tags	1	pieza	\$US 2,957.95
Stratix 2000 Switch (1783-US16T)	1	pieza	\$US 572.45
Cable Belden UTP Cat 5 (mts)	305	mts	\$US 993.87
Tarjeta V200-19-ET2 Ethernet COM Port	1	pieza	\$US 126.00
Computadora 4gb de ram, 320gb de disco duro, monitor incluido 19"	1	pieza	\$US 235.51
Integración y pruebas internas	horas/hombre		\$US 224.00
Costo total asociado en dólares			\$US 5,109.78
Dólar US\$ DICOM para el 16 de octubre de 2017			Bs/\$ 3,345.00
Costo total asociado en bolívares			Bs 17,092,218.95

Fuente: Moncaleano, (2017).

La tasa cambiaria de DICOM para la fecha del análisis es de 3,345.00 Bs/\$, por lo tanto, la inversión sería de Bs 17,092,218.95.

Si se invierte en dicho proyecto, los técnicos encargados del área podrán aprovechar mejor el tiempo en la labor que el departamento requiera, disminuyendo las horas hombres utilizadas innecesariamente, así como las horas que estos necesitan los fines de semana para desarrollar actividades que pudiesen cumplirse en sus horas de trabajo durante la semana.

Cabe destacar, que el salario mensual de un técnico del área es de aproximadamente Bs 700,000.00, por lo que el costo de la hora hombre es de Bs 2,916.67. Esto no incluye los trabajos sobretiempo que estos realizan los fines de

semana y en los cuales la hora de trabajo corresponde al doble siendo de aproximadamente Bs 5,833.33.

Al estimar, los costos que se generan por el trabajo sobretiempo de un técnico del área durante el año se obtiene un monto de Bs 2,464,000 tomando en cuenta una inflación del 10% y obviando aumentos salariales, entre otros aspectos.

Durante 5 años, este monto según el factor de capitalización de una cantidad de dinero presente (S) y un valor de interés de aproximadamente un 10%, representaría una cantidad de Bs 3,968,296.64, de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$S = P (1 + i)^n$$

Donde, S es el valor futuro de una cantidad de dinero presente (P), i corresponde al valor de interés que se carga en un período de tiempo (n).

Es por esto que, al implementar el sistema propuesto, el monto anterior se convertiría en un ahorro para la empresa y pudiese ser invertido en repuestos, mantenimiento y cualquier otro requerimiento en el departamento.

Por otra parte, implementar este sistema permitirá tener un control centralizado de los equipos y las funciones que estos realizan, mejorando la supervisión del área de servicios industriales desde un solo lugar y facilitando conocer las condiciones que estos equipos generan en planta.

También se podrá garantizar la detección de fallas a tiempo y evitar paradas inesperadas que afecten el proceso productivo o la calidad del pollo beneficiado, ya que, si llegase a ocurrir una parada de una hora como mínimo, sabiendo que la empresa beneficia 156 aves/min, esto equivaldría a Bs 93,600,000 aproximadamente, monto que la misma dejaría de producir en el tiempo requerido.

Asimismo, al tener un sistema centralizado, los técnicos gozarán de mayor confort en su sitio de trabajo y realizarán otras labores con mayor energía.

Por otro lado, al registrar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de forma automática, se asegura la confiabilidad de dichos parámetros, mejorando la calidad del control que lleva el área de servicios industriales y

aprovechando la fidelidad de los datos arrojados por el sistema de control en funcionamiento.

Adicionalmente, con el registro automático de los parámetros antes mencionados se mejorará la gestión del departamento en el área de servicios industriales, gracias a los indicadores de gestión calculados mensualmente con los datos arrojados de dicho sistema y con los cuales se logrará hacer más efectivo la toma de decisiones de las personas encargadas de dicha área.

Además, si se configura para ello, el sistema propuesto adaptado a la red Merino, permitiría supervisar el sistema desde cualquier lugar y solucionar fallas en tiempo real, lo cual es provechoso a la hora de cualquier inconveniente o al ser necesario un especialista en el área.

Entre otro de los beneficios, se puede reconocer que este sistema puede ser ampliado a futuro; e incluir otros equipos que se integren al sistema de refrigeración o que pertenezcan al área de servicios industriales como la subestación eléctrica.

Por último, cabe decir que, al instalar este sistema la empresa emplearía parte de sus recursos de forma beneficiosa, ya que según La Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI, 2010) la empresa debe invertir en actividades de investigación, desarrollo, formación de talento y fortalecimiento de la demanda de Ciencia y Tecnología con el fin de incidir en la modernización y reactivación de este sector.

Esto es un reglamento de cumplimiento obligatorio para el sector empresarial, y los aportes que la empresa debe dar se calculan con base en el ejercicio económico de cada año; en el caso de no invertir en un proyecto específico, la empresa deberá entregar su aporte financiero al Ministerio de Ciencia y Tecnología al momento de la declaración del ISLR.

En esta dirección, estimando que la empresa puede producir la cantidad de dinero necesaria para costear este proyecto con un 0,64% de su ganancia mensual, la inversión realizada en este proyecto se podría recuperar en una semana de trabajo de su actividad económica.

Es por ello, que se puede considerar al proyecto propuesto como factible tanto técnica, operativa como económicamente; de acuerdo a la inversión a realizar y a los beneficios que esta propuesta generará en estos ámbitos.

5.4 Fase IV: Desarrollo de la aplicación de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas.

Para desarrollar el sistema de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, se llevó a cabo un análisis de diseño previo, en el cual, fue utilizada la metodología para la guía ergonómica de diseño de interfaces de supervisión, mejor conocida como GEDIS, la cual está enfocada a ambientes industriales con salas de supervisión computarizadas y centralizadas.

La primera fase de GEDIS consiste en la especificación de los principales elementos de la interfaz tales como la arquitectura, la navegación, los estándares de colores, fuentes, simbología, entre otros aspectos. El consejo, de esta metodología, para la fase de desarrollo de las pantallas es seguir el primer enfoque, esto es, generar pantallas tan pronto existan elementos suficientes para iniciarlas, ya que de esta manera se puede depurar los prototipos y tener retroalimentación del producto elaborado.

A continuación, se presenta el análisis realizado para el sistema propuesto de acuerdo con la metodología investigada:

En primer lugar, se realizó la arquitectura del sistema, en la cual se estableció un mapa para definir de manera general las diferentes pantallas con las que contaría el operador para interactuar con el sistema de automatización y control, véase figura 34. Este mapa permite establecer las relaciones lógicas entre las pantallas, y servir posteriormente, al diseño de la navegación del sistema.

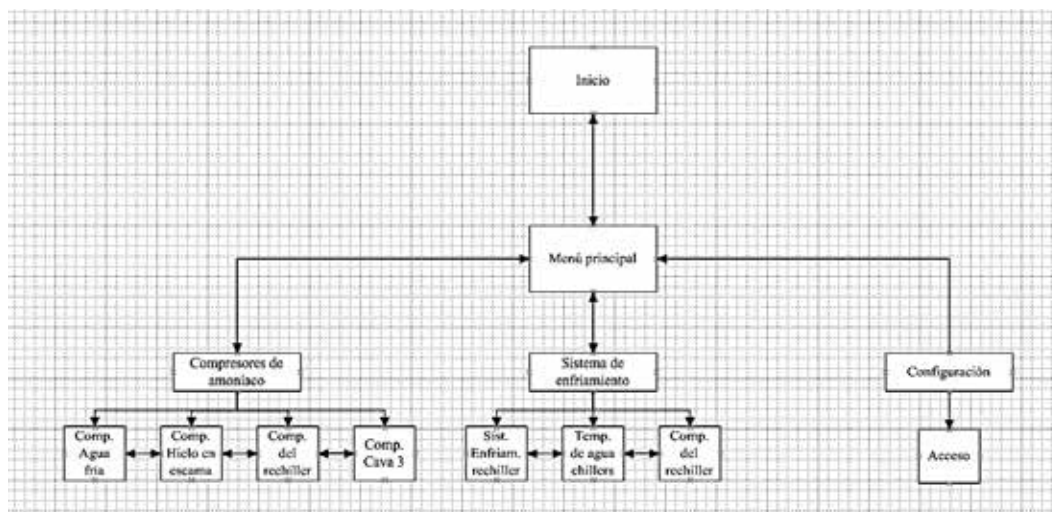


Figura 34. Arquitectura del sistema propuesto

Fuente: Moncaleano, (2017).

En segundo lugar, se generó un listado que muestra las pantallas y su función específica; entre estas pantallas se encuentran las de proceso, de comandos, de configuración, de tendencias y de alarmas, como se observa en la tabla 19.

Tabla 19. Listado de pantallas del sistema

Listado de pantallas	Tipo	Función específica
Inicio	Pantalla de comando	Ingresar a la aplicación
Menú principal	Pantalla de comando	Ingresar a la pantalla de proceso de cada área
Compresor para el agua fría	Pantalla de proceso	Visualizar el estado y los parámetros de funcionamiento del equipo
Compresor de hielo en escama	Pantalla de proceso	Visualizar el estado y los parámetros de funcionamiento del equipo
Compresor del rechiller	Pantalla de proceso	Visualizar el estado y los parámetros de funcionamiento del equipo
Compresor para la cava 3	Pantalla de proceso	Visualizar el estado y los parámetros de funcionamiento del equipo
Rechiller	Pantalla de proceso	Visualizar el estado y los parámetros de funcionamiento del equipo
Indicador de temperatura del agua	Pantalla de proceso	Visualizar el estado y los parámetros de funcionamiento del equipo
Configurar setpoints	Pantalla de configuración	Configurar setpoints del compresor de agua fría
Configurar setpoints	Pantalla de configuración	Configurar setpoints del compresor de hielo en escama
Configurar setpoints	Pantalla de configuración	Configurar setpoints del compresor del rechiller
Configurar setpoints	Pantalla de configuración	Configurar setpoints del compresor para la cava 3
Tendencia real	Pantalla de tendencia	Visualizar tendencia real de las variables (Comp. de agua fría)
Tendencia real	Pantalla de tendencia	Visualizar tendencia real de las variables (Comp. de hielo en escama)
Tendencia real	Pantalla de tendencia	Visualizar tendencia real de las variables (Comp. del rechiller)
Tendencia real	Pantalla de tendencia	Visualizar tendencia real de las variables (Comp. para la cava 3)

Fuente: Moncaleano, (2017).

Tabla 19. Cont.

Tendencia real	Pantalla de tendencia	Visualizar tendencia real de las variables (Rechiller)
Tendencia real	Pantalla de tendencia	Visualizar tendencia real de las variables (Temperatura del agua)
Tendencia histórica	Pantalla de tendencia	Visualizar histórico de cualquier variable del sistema
Alarmas	Pantalla de alarmas	Visualizar alarmas del sistema en tiempo real
Configurar	Pantalla de configuración	Configurar acceso al sistema
Número de pantallas del sistema propuesto		21

Fuente: Moncaleano, (2017).

De acuerdo con la tabla anterior, el sistema propuesto contará con 21 pantallas, las cuales facilitarán el paso entre diferentes áreas de la planta sin requerir de muchos pasos intermedios para monitorear y registrar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.

Y, por último, se realizó la distribución de las pantallas, la cual consiste en desarrollar las plantillas que regirán el desarrollo de la interfaz. Para el sistema propuesto, la distribución de las pantallas se realizó con tres plantillas básicas como se puede observar desde la figura 35 hasta la figura 37.

La primera plantilla, se realizó como modelo para desarrollar la pantalla de inicio del sistema propuesto, véase figura 35.

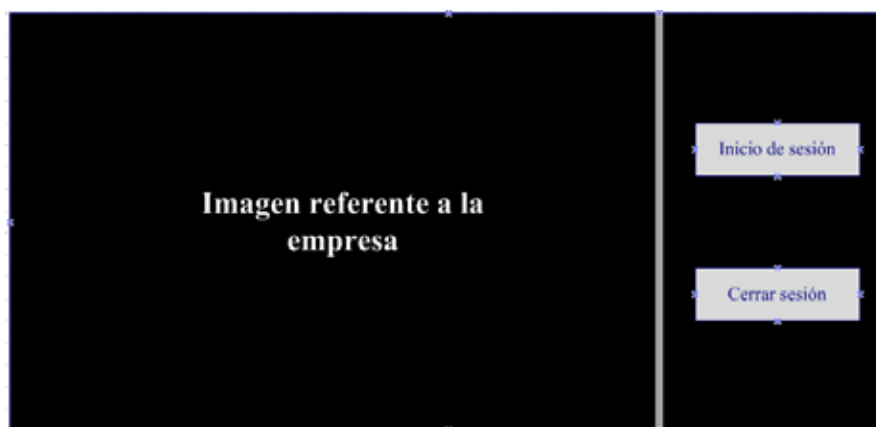


Figura 35. Plantilla para pantalla de inicio

Fuente: Moncaleano, (2017).

La segunda plantilla, fue utilizada como modelo para desarrollar la pantalla de menú principal del sistema propuesto, véase figura 36.

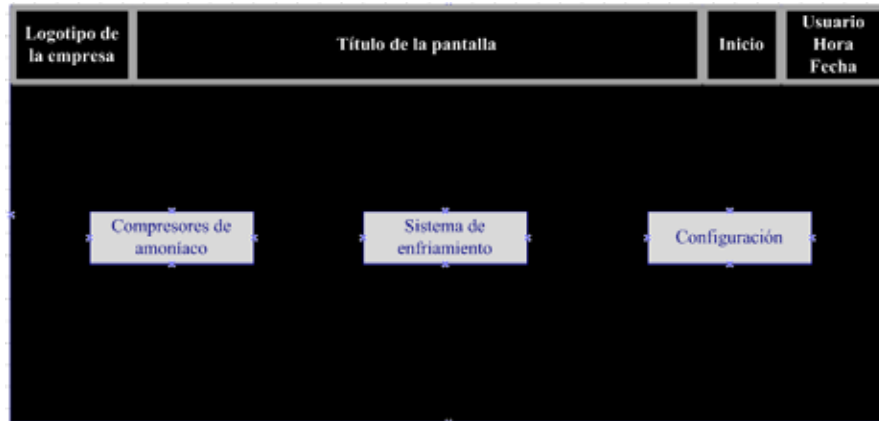


Figura 36. Plantilla para pantalla de menú principal

Fuente: Moncaleano, (2017).

La tercera plantilla, fue realizada como modelo para desarrollar las pantallas de proceso donde se visualizará el estado de cada equipo, así como sus parámetros de funcionamiento, véase figura 37.

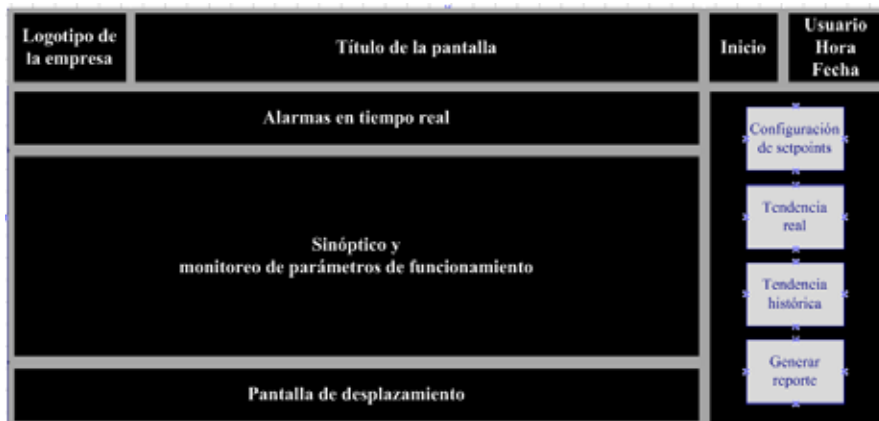


Figura 37. Plantilla para pantallas de proceso

Fuente: Moncaleano, (2017).

Luego de realizar el análisis de diseño, se procedió a desarrollar las pantallas de la interfaz HMI con el software Intouch para monitorear y registrar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración.

En la pantalla de inicio de la aplicación, se refleja la imagen de la empresa y la actividad que esta realiza. También, en la parte superior derecha, se encuentra el icono de perfil para que al hacer click, cada usuario con su nombre y contraseña de acceso pueda ingresar a la aplicación.

De igual manera, al hacer click en el icono de la parte inferior derecha, el usuario que ya ingresó al sistema puede cerrar la sesión de trabajo (véase figura 38).



Figura 38. Pantalla de inicio de la aplicación

Fuente: Moncaleano, (2017).

Ahora, en la pantalla de menú principal, se puede observar los tres iconos que permiten desplazarse a las distintas secciones de la aplicación, al hacer click, como lo son los compresores de amoníaco, sistema de enfriamiento y la configuración de aspectos relacionados con el ingreso a la aplicación. Asimismo, desde la parte superior derecha de esta pantalla, haciendo click en el icono de home (casa) se puede regresar a la pantalla de inicio como se visualiza en la figura 39.



Figura 39. Pantalla de menú principal

Fuente: Moncaleano, (2017).

Aunado a esto, al ingresar en el área de los compresores de amoniaco se observan los parámetros a monitorear del compresor para el agua fría, en este caso, véase la figura 40.



Figura 40. Pantalla del compresor para el área de agua fría

Fuente: Moncaleano, (2017).

Asimismo, en la parte superior de esta pantalla, se encuentra una subventana que genera en tiempo real cada una de las alarmas del proceso, dicha subventana cuenta, del lado derecho, con un botón que al hacer click, permite reconocer las alarmas generadas.

Por otra parte, la ventana de proceso, hacia la derecha, posee un submenú con 4 iconos que al ser pulsados permiten configurar setpoints de las variables del sistema de refrigeración (icono de engranaje), visualizar tendencias en tiempo real (icono de gráfica pixelada) e históricos de tendencias (icono de dos gráficas simultaneas), así como también visualizar el histórico de alarmas (cuaderno de incidencias).

Por último, en la parte inferior de la ventana de proceso, se observa el submenú de navegación, el cual al hacer click en alguno de los iconos presentes permite dirigirse a el resto de los compresores de amoníaco y al sistema de enfriamiento. O si es necesario, al hacer click en el icono de home, en la parte superior derecha, permite dirigirse al menú principal.

Igualmente, al hacer click, en el botón de Hielo en escama, la aplicación se dirige hacia la pantalla del compresor elegido, muy similar a la ventana de proceso anterior, como se aprecia en la figura 41.



Figura 41. Pantalla del compresor para la planta de hielo en escama

Fuente: Moncaleano, (2017).

Allí se visualizan los parámetros de funcionamiento de dicho compresor, también se aprecia, en la parte superior de esta ventana de proceso, la subventana de alarmas, hacia el lado derecho, se visualiza el submenú de opciones para el compresor señalado, similar a las opciones descritas con anterioridad y en la parte inferior, se observa la subventana de navegación.

Seguidamente, si se presiona el botón de Rechiller, la aplicación se dirige a otra pantalla con la misma distribución que las anteriores, en la cual se logra monitorear los parámetros de funcionamiento del compresor para el sistema del rechiller, véase la figura 42.



Figura 42. Pantalla del compresor para el sistema del rechiller

Fuente: Moncaleano, (2017).

De igual manera, al seleccionar en la barra de navegación el botón de Cava 3, la aplicación redirecciona a otra pantalla en la cual se puede monitorear los parámetros de funcionamiento del compresor asociado con el sistema de refrigeración para la cava 3, dicha pantalla posee subventanas similares a las anteriores, como se aprecia en la figura 43.

Por otra parte, cabe destacar que, en la parte superior derecha de cada una de las pantallas mencionadas, se visualiza el nombre de usuario que ingresó en la aplicación. Esto permite llevar un control de reconocimiento de alarmas, así como implementar diferentes niveles de acceso para los usuarios que utilizan el sistema de monitoreo y registro propuesto.

Ahora bien, en la subventana de navegación, se encuentra un botón de ampliación, el cual corresponde a un compresor Frick de 500 HP instalado en planta que se tiene previsto para un proyecto futuro de ampliación de las cavas de congelación. Aunado a esto, el último botón de esta sub ventana, Sistema de enfriamiento, permite desplazarse hacia dicha área al hacer click, sin necesidad de ir hasta el menú principal.



Figura 43. Pantalla del compresor para la cava 3

Fuente: Moncaleano, (2017).

Asociado a lo anterior, en el sistema de enfriamiento de agua, la pantalla por defecto es el sistema del rechiller, como se observa en la figura 44, en ella se visualiza el estado de cada uno de los elementos principales que lo componen y los

parámetros de funcionamiento relevantes del mismo, como lo son la presión de la bomba de recirculación, la temperatura de entrada y salida del rechiller.

Al igual que en el área de compresores de amoníaco, esta pantalla en su parte superior contiene la subventana de alarmas en la cual se visualizan las alarmas en tiempo real del sistema en general. De igual manera, hacia la derecha se encuentra un submenú para configurar setpoints, visualizar tendencias reales e históricas y generar reportes de este sistema.

Además, en la parte inferior, se visualiza una sub ventana de navegación para direccionarse hacia otras áreas del sistema de enfriamiento, como lo son los indicadores de temperatura del agua contenida en los chillers operativos en planta.

Por último, al hacer click en el botón referente de la sub ventana de navegación, es posible mostrar el compresor de amoníaco relacionado con el sistema del rechiller o el área de los compresores de amoníaco, sin necesidad de ir hasta el menú principal.



Figura 44. Pantalla del sistema de enfriamiento de agua o rechiller

Fuente: Moncaleano, (2017).

Por otra parte, si es pulsado el botón de Temperatura de agua, es posible visualizar las temperaturas de agua asociadas a las PT- 100 distribuidas a lo largo del prechiller y chiller instalados dentro de planta (véase la figura 45), así como una representación del estado de cada una, de acuerdo con la temperatura monitoreada en

un tiempo determinado. De igual manera, en esta pantalla se observan sub ventanas similares a las del sistema anterior.



Figura 45. Pantalla de temperatura de agua en chillers

Fuente: Moncaleano, (2017).

En lo que se refiere, a los gráficos de tendencia real, en la figura 46, se puede apreciar cómo se visualizan algunos de los parámetros para el compresor de agua fría.



Figura 46. Pantalla de tendencia real para el compresor de agua fría

Fuente: Moncaleano, (2017).

De igual manera, en la figura 47, se aprecia la ventana de tendencia histórica, acotando que, para el análisis de tendencias históricas, las variables a visualizarse en esta ventana, pueden ser configuradas por el usuario al hacer click en el objeto de gráfica histórica, asimismo si existe alguna duda sobre como configurar este elemento para visualizar tendencias históricas se puede hacer click en el botón de ayuda, en la cual se abrirá la ventana de ayuda que se observa en la figura 48. Esto es posible desde cualquiera de las pantallas del sistema, utilizando el submenú ubicado siempre hacia la derecha en las ventanas de proceso.



Figura 47. Pantalla de tendencia histórica para el compresor de agua fría

Fuente: Moncaleano, (2017).

Si se selecciona el icono de configurar setpoints (engranaje), se visualiza otra ventana que nos permite ingresar el Setpoint deseado y cortes para arranque o parada para el compresor de agua fría en este caso, véase figura 49. Asimismo, en el submenú de opciones hacia el lado derecho si se selecciona histórico de alarmas (cuaderno de incidencias) se apertura una ventana donde se puede observar el

histórico de todas las alarmas generadas en el sistema, esto sirve para análisis posteriores o para llevar un buen control, como se puede observar en la figura 50.



Figura 48. Ventana de ayuda del objeto histórico.

Fuente: Moncaleano, (2017).



Figura 49. Ventana de configuración de setpoints

Fuente: Moncaleano, (2017).



Figura 50. Ventana de histórico de alarmas

Fuente: Moncaleano, (2017).

Por último, con el desarrollo de la aplicación tomando en cuenta toda la información obtenida en las fases anteriores se considera finalizada la propuesta de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración, sabiendo que la misma puede ser sujeta a modificaciones u ampliaciones si el sistema lo requiere.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos al desarrollar este informe, se puede aseverar que los objetivos planteados se lograron con efectividad al cumplir con cada una de las fases propuestas.

En la fase I, se logró diagnosticar la problemática existente con respecto al monitoreo y registro de las variables en el sistema de refrigeración de la empresa Matadero del Campo, C.A. Esto gracias, a la observación y el estudio de los elementos que integran este sistema, así como también a los datos recopilados al realizar las entrevistas al personal del área en estudio.

Luego, en la fase II, se consiguió determinar los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración a ser monitoreados y registrados, esto, gracias a la información analizada de los mismos, así como también al asesoramiento de los técnicos y profesionales en el área que conocen el sistema de refrigeración actual de la empresa.

En la fase III, se realizó el estudio de la factibilidad técnica, económica y operativa del sistema propuesto, el cual dio como resultado que el proyecto plasmado es factible y generaría un compendio de ventajas para la empresa Matadero del Campo, C.A si se implementa.

Finalmente, en la fase IV, se logró desarrollar la aplicación de monitoreo y registro de los parámetros de funcionamiento del sistema de refrigeración de aves beneficiadas, en la cual se observan los beneficios de la interfaz HMI al conseguir representar el monitoreo y el registro de las variables que corresponderían a los parámetros de funcionamiento de los equipos del sistema de refrigeración contemplados en esta propuesta.

RECOMENDACIONES

Entre las sugerencias para la implementación del sistema de refrigeración de la empresa Matadero del Campo, C.A se destaca lo siguiente:

- Û Utilizar una computadora dedicada a correr exclusivamente la aplicación de monitoreo y registro para garantizar que el intercambio de datos en tiempo real sea efectivo.
- Û Colocar los otros equipos del sistema de refrigeración a punto para integrarlos al sistema propuesto, entre ellos la subestación eléctrica, el compresor de aire y la planta de hielo, y los compresores del túnel 1 y el túnel 2.
- Û Instalar un sistema de comunicación centralizado en sala de máquinas, al cual llegarán todas las señales del sistema propuesto (cajetín de switch).
- Û Integrar el sistema propuesto, con el software Dream Report de Wonderware para gestionar la información registrada con mayor facilidad.

REFERENCIAS

Impresas

- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: introducción a la metodología científica*. 6ta edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Bavaresco, A. (2006). *Proceso Metodológico en la Investigación*. 5ta edición. Maracaibo: EDILUZ.
- Castellanos, H. (2012), *Instrumentación virtual e implementación de sistema SCADA en el control de cuartos fríos*. Presentado en la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Colomer, J., Meléndez, J. y Ayza, J. (2001). *Sistemas de supervisión*. 2da edición. Barcelona: Cetisa Boixareu.
- Dossat, R. (2007). *Principios de Refrigeración*. 2da edición. Barcelona: Prentice Hall.
- Giugni, L., Ettetdgui, C., Gonzalez, I. y Guerra, V. (2007), *Evaluación de proyectos de inversión*. 5ta edición. Valencia: Editorial Universidad de Carabobo.
- Guanipa, G. (2010), *Sistemas de Refrigeración*. Presentado en la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda.
- Norma UNE-EN ISO 9241-112 (2017), *Ergonomía de la interacción hombre-sistema. Parte 112: Principios para la presentación de la información*. España: AENOR.
- Puebla, J. (2006). *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. 1era edición. Caracas: FONDOIN.
- Rapin, P. (1998). *Instalaciones frigoríficas*. 2da edición. Barcelona: Marcombo.

Ramírez, J. (2014), *Desarrollo e implementación de pantallas en un sistema SCADA para monitoreo en proceso de servicios generales en planta farmacéutica*. Presentado en el Instituto Politécnico Nacional de México.

Reforma LOCTI (2010), *Ley de reforma parcial de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación*. República Bolivariana de Venezuela.

Rodríguez, A. (2012). *Sistemas SCADA*. 3era edición. Barcelona: Marcombo.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador - UPEL (2016). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestrías y Tesis Doctorales*. 5ta edición. Caracas: Ediciones UPEL.

Zambrano, J., Contreras, C., Méndez, J. y Escobar, D. (2015), *Sistema de monitoreo de funcionamiento en tiempo real para equipos de refrigeración*. Presentado en la Universidad Nacional Experimental del Táchira.

Electrónicas

Refrigeración industrial: la importancia del frío en la industria. Tomado de:
<http://unifrio.com.mx/refrigeracion-industrial-la-importancia-del-frio-en-la-industria/>. [Consulta: 2017, abril 28].

Manual práctico del taller de refrigeración doméstica. Tomado de:
<http://www.mailxmail.com/curso-refrigeracion-domestica-manual-tecnico/refrigeracion>. [Consulta: 2017, junio 02].

ANEXO A

ANEXO A-2

CONTINUACIÓN MEDICIONES DIARIAS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MDC

MEDICIONES DIARIAS PARA SISTEMAS DE REFRIGERACION													Pag.
MEDICION	HORA												
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	
Rechiller	Horas de operación Compresor Frick 500 Hp RECHILLER	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;	
	Nivel de amoníaco en tanque recibidor sistema 1	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;	
	Temperatura de agua a la salida del Chiller [°C]												
	Presión de succión Compresor Frick 500 HP [BarA] RECHILLER												
	Presión de descarga Compresor Frick 500 HP [barA] RECHILLER												
	Amperaje en compresor Frick 500 Hp [A] RECHILLER												
	Capacidad de trabajo Compresor Frick 500 Hp (%) RECHILLER												
Nivel de aceite en compresor Frick 500 Hp RECHILLER	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
Cava N° 3	Horas de operación Compresor Frick 500 Hp No. 1 CAVA	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;	
	Presión de succión Compresor Frick 500 HP [BarA] No. 1 CAVA												
	Presión de descarga Compresor Frick 500 HP [barA] No. 1 CAVA												
	Amperaje en compresor Frick 500 Hp [A] No. 1 CAVA												
	Capacidad de trabajo Compresor Frick 500 Hp (%) No. 1 CAVA												
	Nivel de aceite en compresor Frick 500 Hp No. 1 CAVA	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
	Temperatura de cava congelación No. 3 [°C]												
Estado de los evaporadores [MH: mucho hielo; PH: poco hielo; N: normal]													
Nivel de amoníaco en tanque recibidor Sistema Cavas Congelación	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;		
Planta Hielo Tubo	Presión de succión Compresor Mycom [psig]												
	Presión de descarga Compresor Mycom [psig]												
	Horas de Operación del Compresor Mycom [Hr]	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;	
	Presión de aceite en compresor Mycom [psig]												
	Nivel de aceite en Compresor Mycom	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
	Tiempo de producción de hielo en tubos (minutos)	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;	
Tiempo de descongelación de hielo en tubos (minutos)	07:00 Hr;							15:00 Hr;			23:00 Hr;		
Compresor Sabroe "Despresado"	Presión de succión Compresor Sabroe [psig]												
	Presión de descarga Compresor Sabroe [psig]												
	Presión de aceite en compresor Sabroe [psig]												
	Nivel de aceite en Compresor Sabroe	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
Contenedores	Temperatura ambiente de Despresado [°C]												
	Temperatura de contenedor refrigerado 1												
	Temperatura de contenedor refrigerado 2												
Reporte turno I:													

ANEXO B

ANEXO B-2
CONTINUACIÓN OTP DE SERVICIOS INDUSTRIALES

04-08-2017 , 04:50:24 p.m. Pagina Nro. 2 (Nro. OTP : 20293)



Matadero del Campo, C.A.
Orden de Trabajo Preventiva (Abierta)

Actividades Rutina (descripcion tarea): mpd_rf_01 Registro de presión de descarga Compresor Frick 500 Hp (barA) No. 1 CAVA. Registro de amperaje en Compresor Frick 500 Hp (A) No. 1 CAVA. Registro de capacidad de trabajo Compresor Frick 500 Hp (%) No. 1 CAVA. Registro de nivel de aceite en Compresor Frick 500 Hp No. 1 CAVA. Registro de temperatura de cava congelación No. 3 (°C). Registro de estado de los evaporadores. Registro de nivel de amoníaco en tanque receptor Sistema Cavas de Congelación. Registro de presión de succión Compresor Mycom (psig) Planta Hielo en Tubo. Registro de presión de descarga Compresor Mycom (psig) Planta Hielo en Tubo. Registro de presión de aceite en Compresor Mycom (psig) Planta Hielo en Tubo. Registro de nivel de aceite en Compresor Mycom, Planta Hielo en tubo. Registro de tiempo de producción de hielo en tubos (minutos). Registro de tiempo de descongelación de hielo en tubos (minutos). Registro de temperatura de contenedor refrigerado 1. Registro de temperatura de contenedor refrigerado 2. Esta rutina esta complementada con formato cod:CSRFD_01, el cual debe ser anexado a esta orden. Se utilizará un formato por día.
Comentarios adicionales :

Tecnico 1: _____ Supervisor: _____
 Tecnico 2: _____
 Tecnico 3: _____
 Tecnico 4: _____ Entrega por almacen: _____

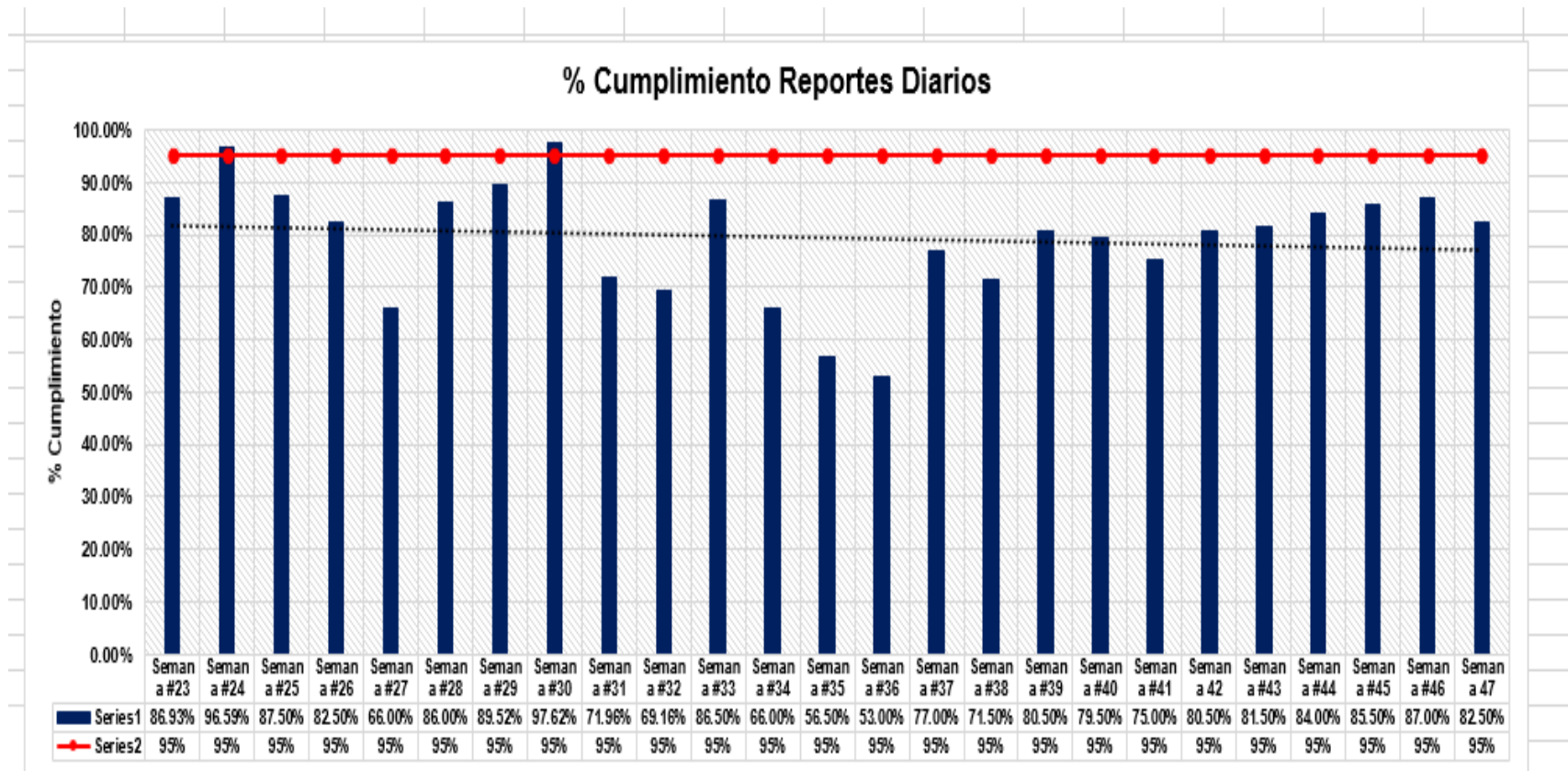
ANEXO C

ANEXO C-1
CONTROL DE LAS OTP ASIGNADAS MDC

	Reporte	Semana #23	Semana #24	Semana #25	Semana #26	Semana #27	Semana #28	Semana #29	Semana #30	Semana #31	Semana #32	Semana #33	Semana #34	Semana #35	Semana #36	Semana #37	Semana #38	Semana #39	Semana #40
Analisis	Generador de vapor	4	5	4	4	3	5	5	5	4	4	5	2	4	1	5	3	4	5
	Tanque	4	5	4	4	3	5	5	5	3	4	5	2	4	1	5	2	4	5
	Pozo 1	4	5	4	4	3	5	5	5	3	4	5	2	4	1	5		4	5
	Pozo 2	4	5	4	4	3	5	5	5	3	4	5	2	4	1	5	3	4	5
	Condensadora 1	4	5	4	4	2	5	5	5	3	4	5	2	4	1	5	3	4	5
	Condensadora 3	4	5	4	4	2	5	5	5	3	4	5	2	4	1	5	3	4	5
	Total	24	30																
Compresor	Atlas Copco	5	5	5	4	4	5	5	5	4	1	5	3	3	3	5	4	4	3
	Total	5	5	5															
Formatos	Consumo	20	21	20	20	20	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Vapor	58	57	52	54	48	58	60	71	57	50	59	45	34	38	52	52	57	57
	Refrigeración	46	57	53	63	44	58	73	78	53	52	58	51	31	38	46	52	55	48
	Total	124	135																
Reporte	Cuaderno																		
	Total																		
		153	170	154	165	132	172	188	205	154	148	173	132	113	106	154	143	161	159
		86.93%	96.59%	87.50%	82.50%	66.00%	86.00%	89.52%	97.62%	71.96%	69.16%	86.50%	66.00%	56.50%	53.00%	77.00%	71.50%	80.50%	79.50%
		95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%

ANEXO C-2

TENDENCIA DEL CUMPLIMIENTO DE LOS REPORTES DIARIOS



ANEXO D INDICADORES DE GESTIÓN

