

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA**  
**SEDE CONCEPCION-REY BALDUINO DE BÉLGICA**

Sistemas BMS para automatización de edificios y mejora en centrales térmicas de Hospital  
Las Higueras

Memoria para optar al Título  
profesional de Ingeniero (e) en  
Control e Instrumentación  
Industrial.

Daniel Andrés Astudillo Reumay

Profesor Guía

Nelson Vasquez Concha



## CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

### 1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

**Tipo de monografía (marcar una opción):** ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

**Título del trabajo:** Sistemas BMS para automatización de edificios y mejora en centrales térmicas de Hospital Las Higueras

**Nombre del candidato(a):** Daniel Andrés Astudillo Reumay

**Carrera / Grado:** Ingeniero (e) en Control e Instrumentación Industrial.

**Campus:** Concepcion **Departamento:** Electronica e Informatica

### 2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Nelson Vasquez C., en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

### 3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

**Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):**

---

---

---

### 4.- FIRMAS

**Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:**

**Fecha:** 16 - 06 - 2026 **Firma:** 

**Estudiante o Candidato(a):**

**Fecha:** 16 - 06 - 2026 **Firma:** 

*Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.*

## **Agradecimientos**

Quiero dar gracias a mi profesor Guía y jefe de Carrera, Nelson Vasquez Concha, el cual, mediante su profesionalismo en clases, fue un pilar fundamental y principal para permitir hacer este trabajo.

## **SIGLA Y SIMBOLOGIA**

BMS: Building Management System o Sistema de Gestión de Edificios

BAS: Sistema de Automatización de Edificios

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition o Supervisión, Control y Adquisición de Datos

DCS: Sistema de Control Distribuido

HMI: Interfaz Maquina-Humano

TGR: Tesorería General De La República

D.S: Decreto Supremo

PLC: Controlador Lógico Programable

IPC: Índice Producto del Consumidor

IT: Tecnología de Información

OT: Tecnología de Operación

MINSAL: Ministerio nacional de salud

OMS: Organización mundial de la salud

PD: Control Proporcional-Derivativo

PID: Control Proporcional-Integral-Derivativo

SP: Set Point

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono

EPBD: Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (Normativa Europea)

PEAS Y PEALL: Planta elevadora de aguas servidas y planta elevadora de aguas lluvias.

HVAC: Calefacción, ventilación y aire acondicionado

UMA: Unidad manejadora de aire

Boiler: Estanque de almacenamiento de agua

Fancoil: Equipo de climatización

RM: Region Metropolitana

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo

UPC: Unidad de Paciente Critico

CAAAC: Centro Ambulatorio de Alta Complejidad

EH5: Edificio Higuera 5

EI: Edificio Institucional

ET: Edificio Técnico

ha: Hectáreas de Superficie

## INDICE

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción                                                               | 1  |
| Objetivo General                                                           | 2  |
| Objetivos específicos                                                      | 2  |
| Marco teórico                                                              | 3  |
| Variable Física Temperatura y Señal Analógica                              | 4  |
| Temperatura Ambiente, confort y su importancia                             | 5  |
| • Humedad Relativa y relación con la temperatura                           | 5  |
| • Humedad absoluta                                                         | 6  |
| • Sensores de temperatura, humedad y como digitalizar                      | 6  |
| • Termostato                                                               | 8  |
| Climatización, calefacción y Chiller                                       | 8  |
| Gasto energético en Edificios                                              | 9  |
| • Urbanización.                                                            | 10 |
| Gasto Promedio de un Hospital Anual                                        | 12 |
| Tipos de control en edificios                                              | 14 |
| • Gestión y ahorro energético entre edificios con BMS                      | 15 |
| Maquinaria industrial en edificios comerciales, corporativos y aeropuertos | 16 |
| • Maquinaria industrial clínica-hospitalaria                               | 16 |
| ¿Qué es un BMS?                                                            | 17 |
| Como funciona un BMS                                                       | 18 |
| • <u>Arquitectura de una estructura de comunicación con BMS</u>            | 19 |
| Protocolos de comunicación típicos en sistemas BMS                         | 20 |
| • <u>BACNET Building Automation control Networks</u>                       | 20 |
| • <u>MODBUS</u>                                                            | 21 |
| • <u>DALI</u>                                                              | 22 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| • <u>KNX</u>                                                                 | 22 |
| • <u>LONGWORK</u>                                                            | 23 |
| • <u>Z-Wave</u>                                                              | 24 |
| • <u>ENOCAN</u>                                                              | 24 |
| • <u>ZIGBEE</u>                                                              | 25 |
| Chiller y PLC con Tarjeta Integrada para centralización con BMS              | 25 |
| Tecnologías convergentes en sistemas BMS                                     | 26 |
| • Integración de inteligencia artificial en sistemas BMS                     | 27 |
| Software para realizar sistemas BMS                                          | 28 |
| Software para realizar animación de HMI                                      | 29 |
| Propuesta de solución a problemática en central térmica 1                    | 30 |
| • Funcionamiento de central térmica 1 y detección de problema                | 30 |
| • Propuesta solución a problemática en animación de BMS                      | 32 |
| Propuesta de solución a problemática en central térmica 2                    | 33 |
| • Funcionamiento de central térmica 2 y detección de problema                | 33 |
| • Propuesta solución a problemática en central térmica 2 en animación de BMS | 34 |
| Propuesta de solución a problemática en central térmica 3                    | 36 |
| • Funcionamiento de central térmica 3 y detección de problema                | 36 |
| • Propuesta solución a problemática en central térmica 3 en animación de BMS | 38 |
| • Importancia y conclusión de centrales térmicas                             | 39 |
| Conclusión                                                                   | 40 |
| Recomendación                                                                | 42 |
| Linkografía                                                                  | 43 |

## INDICE DE ANEXOS

|          |    |
|----------|----|
| ANEXO 1  | 44 |
| ANEXO 2  | 45 |
| ANEXO 3  | 46 |
| ANEXO 4  | 47 |
| ANEXO 5  | 48 |
| ANEXO 6  | 49 |
| ANEXO 7  | 50 |
| ANEXO 8  | 51 |
| ANEXO 9  | 52 |
| ANEXO 10 | 53 |

## **INTRODUCCION**

Los grandes edificios corporativos como centro comerciales, aeropuertos y de servicios clínicos-hospitalarios, son industrias que tienen un elevado nivel de tecnología e ingeniería en el inmueble y edificios, con tecnología moderna y actualizada para poder llevar un control, monitoreo y supervisión en su totalidad sobre el inmueble, flujo de las personas y sus servicios operacionales correspondientes, además de ofrecer una máxima calidad en confort y seguridad para los usuarios de distintos servicios, buscando optimizar lo mayor posible en recursos, en donde las exigencias de las normativas nacionales e internacionales deben cumplirse en su totalidad en las edificaciones tanto en normativas eléctricas y en todas las áreas de ingeniería y tecnología para llevar a cabo su funcionamiento en su totalidad, en los sistemas y equipos de operación de forma óptima y correcta realizando un mínimo gasto energético en el edificio, además de tener sistemas de emergencia para dar respuesta ante eventuales cortes de suministro eléctrico por eventos meteorológicos o eventos externos, como accidentes, incendios o cualquier factor que sea importante a controlar para mantener y garantizar una continuidad estable en la funcionalidad del inmueble.

Los factores de ahorro energético y seguridad son factores que se trabajan constantemente debido a que son variables que cambian constantemente en el tiempo, y que además implican un gasto monetario a los inversores y dueños de los edificios, en donde optimizar es clave para perdurar en el tiempo y enfrentar las crisis económicas de las compañías.

Según estudios, los edificios en todas sus categorías a nivel mundial emiten el 37% de emisiones de gases invernadero, correspondiendo el 75% a sistemas de calefacción, climatización e iluminación, en donde más del 30% se pierde o se mal utiliza generando grandes pérdidas monetarias y daño al medio ambiente de manera mensual y anual, una de las alternativas para gestionar el ahorro en edificios y entre edificios mediante la automatización, son los sistemas BMS, el cual es un sistema de software y hardware diseñado para manipular y controlar una amplia gama de productos y servicios de ingeniería típicos en edificaciones, en donde la interoperabilidad de los sistemas permite realizar y aplicar la nueva revolución industrial 4.0.

### **OBJETIVOS GENERAL**

Diseñar e implementar una alarma visual de texto mediante la simulación y variación de la señal del surtidor de temperatura, en las centrales térmicas del sistema BMS del Hospital Las Higueras, para cuando los valores de trabajo estén fuera de rango con respecto a los valores de planificación, utilizando software de animación de licencia gratis en Internet.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar la magnitud física temperatura y aplicaciones industriales en edificios hospitalarios en sistemas de climatización y calefacción.
- Analizar la implementación de sistemas BMS en edificios y arquitectura de protocolos de comunicación para centralización de datos, monitoreo y supervisión.
- Implementar alarma en pantalla de sistemas SCADA de centrales térmicas del sistema BMS de Hospital Las Higueras.

## **MARCO TEORICO**

El desarrollo evolutivo en la humanidad, ha permitido que el aumento de personas haya transformado pequeñas localidades en grandes ciudades y con grandes cantidades de personas, en donde el urbanismo ha permitido que los edificios, tengan un rol fundamental en la sociedad al ser de uso residencial, hospitalario y comercial, acompañado del avance tecnológico mundial en todas sus áreas, donde la interoperabilidad de los sistemas tecnológicos, mediante grandes corporaciones mundiales de tecnología, ha permitido construir grandes edificios de carácter clínicos y hospitalarios.

Las industrias hospitalarias, son industrias que trabajan con maquinarias industriales de alto gasto monetario y costo de operación, donde los componentes críticos de los sistemas deben funcionar de manera constante para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones en el transcurso del tiempo, es así que la instrumentación y automatización, permiten lograr con eficacia el ahorro monetario, supervisión y ahorro energético en distintos sistemas a distintas escalas y aplicaciones, teniendo como gastos principal las áreas de climatización, sistemas eléctricos y maquinarias de uso constante en el tiempo sin detención.

Los sistemas críticos industriales hospitalarios, deben garantizar el uso adecuado y eficaz en las instalaciones, los cuales al fallar deben reestablecerse y solucionarse lo más pronto posible, ya que una falla prolongada en el tiempo afecta negativamente a la instalación y profesionales del área de salud en sus distintos servicios clínicos, al fallar la maquinaria industrial involucrada, puede afectar a usuarios, pacientes y profesionales del área de la salud.

El trabajo en conjunto entre profesionales del área de la salud y profesionales de ingeniería permite el desarrollo de la industria hospitalaria moderna para edificaciones de alta complejidad, las cuales se distribuyen a lo largo del país en donde el gasto fiscal monetario de manera anual es de alto valor, al ser instalaciones grandes las cuales funcionan de día y noche de manera constante y periódica en el año.

**CAPÍTULO 01: VARIABLE FÍSICA TEMPERATURA Y SISTEMAS DE  
CLIMATIZACIÓN Y CALEFACCIÓN EN RECINTOS HOSPITALARIOS**

## 1.1 **VARIABLE FISICA TEMPERATURA Y SEÑAL ANALOGICA**

La temperatura, como magnitud física y señal analógica en la naturaleza, corresponde a la medida de la energía cinética a nivel atómico de un cuerpo o espacio físico determinado, en donde a mayor rapidez de desplazamiento de las moléculas, representa una alta temperatura en un cuerpo, caso contrario al tener temperaturas bajas, se produce una lentitud en el desplazamiento y vibraciones de las moléculas, a nivel industrial es recurrente y frecuente el trabajar con esta variable física para múltiples procesos industriales con múltiples formas de control, tales como control PID para mantener una temperatura estable constantemente de algún fluido líquido, gaseoso o proceso con controles ON/OFF con histéresis a través de termostatos y sensores de temperatura, en donde según requerimiento y solicitud, cada sistema trabaja y realiza un control distinto uno con respecto a otro, según demanda solicitada y forma de operar en el proceso a controlar, no obstante, el trabajar y manipular un proceso con la variable temperatura es de uso común tanto, en sectores domésticos con uso sanitario y también para ser utilizado en sectores industriales a grandes escalas y para distintos usos y fines.

La temperatura, como señal analógica en el tiempo, se puede digitalizar, y para lograr esto se utiliza múltiples dispositivos tecnológicos como sensores, controladores y técnicas asociadas tales como muestreo de señal, escalamiento y normalización para poder realizar una conversión en tiempo real a una señal digital la cual varía en el tiempo en función a los cambios de temperatura asociadas al instrumento de medida, logrando así una digitalización de la señal.

Los sensores de temperatura que permiten realizar la conversión de señal se pueden encontrar de distintas categorías, material de fabricación, rango de trabajo y sensibilidad asociada, no obstante, la mayoría permite leer temperaturas desde bajo los 0°C y temperaturas criogénicas hasta temperaturas de alto poder calorífico y alta temperatura como calderas o procesos ignífugos siendo un dispositivo transversal utilizado para distintos usos y propósitos.

## 1.2 TEMPERATURA AMBIENTE, CONFORT Y SU IMPORTANCIA

La temperatura confort de las personas suele oscilar dentro de los 19°C a 21°C, siendo considerado “agradable” para las personas jóvenes y adultas, no obstante, para una mujer embarazada que va a dar a luz en un pabellón quirúrgico clínico, según información del MINSAL, la temperatura de ambiente hermético para el parto suele ser de 24°C a 26°C de forma constante para una “cesárea o parto natural”. Esto es para que el bebé recién nacido este a temperatura ambiente antes de ser incubado, ya que de encontrarse un infante recién nacido a temperaturas inferiores, puede ser factor y riesgo de hipotermia para el recién nacido, el cual puede ser causa de enfermedades y malestar, en donde para realizar un control de calidad constante de 24°C o 26°C, se utiliza un control PID, el cual independiente de las perturbaciones en el lugar de pabellón, impide que se produzcan temperaturas generadas fuera del rango del punto de trabajo designado. Estas maniobras de operación y del control de temperatura, la debe ejecutar la misma maquina generadora de aire (UMA), múltiples veces durante el día y noche de manera periódica.

En edificios públicos y de servicios, es recurrente encontrar una alta demanda en sistemas de climatización y calefacción, en donde es solicitado tener salas y oficinas con temperatura ambiente para poder realizar funciones de labores administrativas o clínicas, ya que encontrarse fuera de rango según solicitud y al haber problemas en la calefacción y climatización, se pueden suspender agendas, reuniones y trabajos coordinados generando inconvenientes en las instalaciones y administraciones correspondiente.

### 1.2.1 Humedad Relativa y relación con la temperatura

Un factor que viene acompañado de la temperatura es la humedad, el cual tiene una relación inversamente proporcional una con respecto a otra, es decir, si la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye, y si la temperatura baja, la humedad relativa aumenta.

Este fenómeno, se encuentra en la naturaleza, en donde la humedad se define como la cantidad de partículas de vapor de agua que se encuentra en el aire, por lo cual, dicho de otro modo, a mayor temperatura, menor es la cantidad de partículas de agua en el aire, y a temperaturas bajas, mayor es la cantidad de partículas de vapor de agua en el aire. Estos fenómenos físicos, con los sensores adecuados se puede digitalizar, y mediante los hardware y software adecuados, se pueden digitalizar y controlar, en donde debido al avance tecnológico, ha dado como resultado múltiples equipos de aire acondicionado y calefacción los cuales permiten controlar la temperatura y humedad para distintas aplicaciones, fines y uso.

### 1.2.2 Humedad absoluta

La humedad absoluta define la cantidad de vapor de agua por unidad de volumen de una masa de aire y se mide típicamente en gramos de agua por kilo de aire seco (g/kg a.s), a una presión determinada.

### 1.2.3 Sensores de temperatura, humedad y como digitalizar

En el mercado de la instrumentación, el sensor de temperatura es un dispositivo el cual transforma una medición de temperatura, en una señal eléctrica analógica, los sensores de temperatura trabajan bajo el principio de funcionamiento termo eléctrico o efecto SeeBeck, método el cual es utilizado para el control de temperatura, evitar sobrecalentamiento, controlar temperatura de procesos y evitar accidentes por sobre temperatura.

El efecto SeeBeck, se produce cuando 2 conductores eléctricos de distinto material, se someten a una temperatura inducida, en su salida se encuentra una medida en milivoltios el cual varía en función a la temperatura que se encuentra a la entrada del sensor, esto se debe a que la resistencia del material de la termocupla varía al estar a cierta temperatura, teniendo valores que varían en el tiempo.

Un sensor de temperatura de fábrica, viene con un valor límite mínimo para trabajo y un límite máximo, en donde para adquirir los valores reales de la señal termodinámica, se debe realizar un calibrado y normalizado de señal para el PLC, esto es para realizar una transformación de una señal física real a una señal digitalizada la cual se puede tratar y obtener datos para ser trabajados en los controladores adecuados, en donde un aspecto fundamental es saber la resolución del PLC a trabajar, ya que permitirá realizar el correcto escalamiento de la señal a trabajar con la máxima resolución y exactitud posible.

La variable física temperatura, tiene directamente relación con la variable física presión y con la variable física humedad relativa, señales que son diferentes pero que se encuentran en directa relación en la naturaleza. Por principios en termodinámica y específicamente a la ley de Gay-Lussac, si la temperatura aumenta en un sistema, la presión sube, y si la temperatura baja, la presión baja, en donde el sensor de temperatura es un dispositivo muy utilizado e implementado en la industria además de existir otros sensores que miden señales de la naturaleza.

Por otra parte, al existir bajas temperaturas, en el aire se concentra una mayor cantidad de partículas de vapor de agua, en donde la señal de humedad relativa se dispara, caso contrario al aumentar la temperatura de un proceso o recipiente, el vapor de agua en el aire ira disminuyendo lo cual se traduce a una baja humedad en el ambiente y proceso.

Los sensores de humedad, a pesar de que son parecidos a los de temperatura, son sensores distintos, que trabajan con variables y señales de la naturaleza distinta, en donde el sensor de temperatura mide la variación de la resistencia de los hilos al ser sometida a una temperatura, y el sensor de humedad mide la humedad en el aire y espacio en base a las partículas de vapor de agua en el aire, siendo la forma de trabajo para medir la capacitiva, estructuralmente de manera interna, son distintas una con respecto a la otra, pero muy parecidas comercialmente.

#### 1.2.4 Termostato

El termostato, como instrumento de control, suele tener un amplio campo en aplicaciones, especialmente en dar “arranques y partidas” a distinta maquinaria industrial para diversos procesos, para trabajar con señales de baja temperatura o alta temperatura según proceso a controlar.

Una de las ventajas del termostato, en comparación a un sensor PT100 o termocupla, es que el termostato además de poder realizar mediciones de temperatura en el proceso, por su diseño físico, permite mantener un control en los procesos con un rango de histéresis controlable, para mantener un sistema de maquinaria energizado y controlado de forma constante dando las partidas en los momentos necesarios y su detención correspondiente mediante su configuración, manteniendo un sistema controlado al iniciar el arranque y parada de una maquinaria de manera controlada y automática de forma periódica.

### 1.3 **CLIMATIZACION, CALEFACCION Y CHILLER**

En la actualidad, hay múltiples equipos de climatización y calefacción, de distintos tamaños y rendimiento, de múltiples marcas y fabricantes. En el caso de calefacción industrial se encuentran las calderas de vapor, calderas de calefacción, calderas de alta presión y más.

Por el contrario, para climatizar, se encuentran dispositivos de aire acondicionado los cuales trabajan con sistemas de refrigerantes y componentes asociados desde capacidades pequeñas hasta sistemas industriales de alta demanda en sistemas de climatización.

También están los equipos que son híbridos, es decir, que pueden generar temperaturas bajas y temperaturas altas según los puntos de consignas designados y requerimiento, en donde

dichos equipos al ser híbridos suelen ser robustos debido a que tienen ciclos de generación en frío y en calor.

Uno de los equipos para generación de agua fría o caliente a nivel industrial son los CHILLER, en donde traducido al español corresponde a la palabra “enfriar”, los cuales a nivel de maquinaria industrial, se puede encontrar en modalidades híbridas, es decir, que mediante sus sistemas mecánicos y de ingeniería, permiten enfriar o calentar el agua, en donde a la entrada del equipo llega agua con una temperatura determinada y a la salida del equipo, sale la misma agua, pero a una temperatura distinta, la cual es tratada propiamente por el equipo y sus principios de funcionamiento mediante compresores, radiadores y refrigerante, con lo cual el agua generada puede ser utilizada para distintos usos y propósitos en climatización y calefacción, este equipo a pesar de que es un sistema industrial, es frecuentemente utilizado en industrias y edificios de todo tipo, para mantener una óptima climatización y calefacción en el lugar, en donde dependiendo del sector a instalar, se utilizará un controlador u otro según requerimiento y aplicación, con distintos dimensionados y grados de protección del equipo.

#### 1.4 **GASTO ENERGETICO EN EDIFICIOS**

Actualmente la urbanización, ha permitido que las edificaciones en las grandes ciudades del país y a nivel mundial sean cada vez mayores. Cada edificio realiza gastos de energía a diferentes escalas y magnitud, no obstante, cada vez se realizan más construcciones de edificios en donde hay gasto energético a controlar y monitorear para evitar pérdidas económicas, de energía y prevenir daño al medio ambiente

El gasto principal en los edificios, se debe al alto consumo eléctricos de los artefactos, dispositivos, maquinarias eléctricas, siendo los equipos de aire acondicionado, calefacción, refrigeración e iluminación, los que representan el mayor gasto y consumo de energía, es por

esto, por lo que se han creado distintas comisiones a nivel mundial para establecer normas y realizar proyectos a corto y largo plazo, para disminuir los costos de operación y mantener un control en lo asociado a gastos de energía y poder tener un control en emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que a nivel mundial, la urbanización y crecimiento en las ciudades es de manera acelerada, siendo fundamental el rol de los edificios, ya sea que tengan fines habitacionales, comerciales, hospitalario, clínicos o corporativos, requiriendo, para mantenerse en funcionamiento, un alto recurso de energía eléctrica.

A nivel nacional, las edificaciones emiten un 36% de CO<sub>2</sub> en categoría de edificación, y a nivel mundial, realizan un consumo del 55% de la energía a nivel mundial, en donde el porcentaje de emisiones de gases invernadero, alcanzan los 40%, por lo cual, para mitigar el alto costo, se utilizan diversas estrategias para mantener un control en los edificios realizando un mínimo gasto y previniendo derrochar dinero por malas gestiones administrativas, en donde cada vez son más las edificaciones instaladas debido al avance de la urbanización en el país.

#### 1.4.2 Urbanización

La urbanización, es cada vez es mayor en las grandes ciudades y regiones del país, en donde la cuantificación poblacional, mediante asentamientos humanos, a permito al MINVU llevar un monitoreo y control en números sobre el crecimiento territorial, crecimiento poblacional y el aumento de urbanización en las regiones principales del país y localidades de menor población.

El crecimiento poblacional, en el paso del tiempo, depende de varios factores, tales como políticos, socioeconómicos, geográficos y demográfico, por lo cual el crecimiento no es directamente proporcional a medida que pasan los años.

El MINVU, como entidad pública encargada de planificar, diseñar y ejecutar las políticas en el desarrollo urbano, el año 2024 publicó el estudio realizado sobre el crecimiento poblacional, teniendo como factor el número de cantidad de asentamiento humanos en el país y realizando los estudios y monitoreo entre los años 2002 y 2022, a continuación, en la **Figura 1-1** podemos ver el crecimiento de asentamientos humanos el cual ha aumentado al pasar los años.

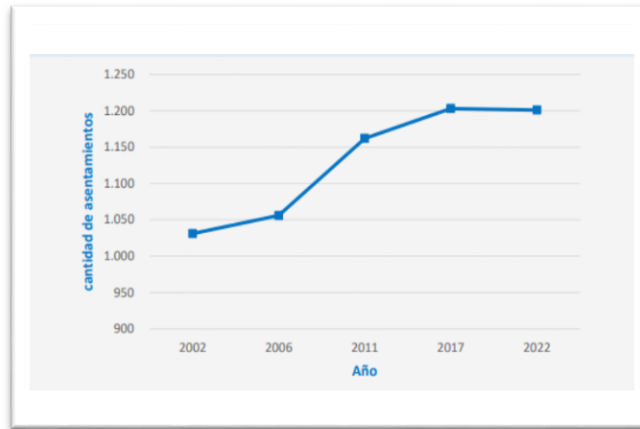


**Figura 1-1** “Evolución de asentamientos humanos a nivel nacional entre los años 2002 y 2022”.

**Fuente:** Centro de Estudios de Ciudad y Territorio MINVU. Año 2024

El estudio realizado en la **Figura 1-1**, fue analizado, monitoreado y ejecutado en todas las regiones del país, permitiendo la cuantificación poblacional en las regiones de manera categorizada según territorio y provincia siendo de carácter creciente en el transcurso del tiempo.

A continuación, en la **Figura 1-2** se observa el resultado cuantificado del crecimiento urbano de la Región del Bio-Bio, el estudio se ejecutó en las comunas del Gran Concepción, Los Ángeles y Lebu y el factor que se utilizó para cuantificar el crecimiento territorial, fue a través de las superficies construidas sobre hectáreas de terreno disponible para ser utilizado en urbanización.

En el Gran Concepcion, el año 2002, había una superficie utilizada de 8.927 (ha), en el año 2022 la cifra de estudio fue de 14.689 (ha) de superficie utilizada por expansión territorial en el transcurso del tiempo.

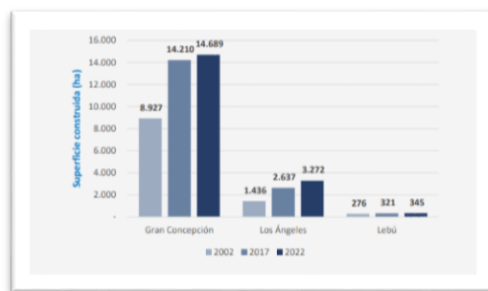


**Figura 1.2** “Crecimiento de las ciudades capitales entre los años 2002 – 20022”

**Fuente:** Centro de estudios de ciudad y territorio MINVU. Año 2024

**En la Figura 1-2**, la región del Bio-Bio está compuesta por 74 asentamientos humanos, cuyo principal centro urbano está conformado por el Gran Concepcion mediante comunas de Concepción, Coronel, Chiguayante, Hualpén, Penco, San Pedro de la Paz y Talcahuano, que en conjunto adquieren la categoría de conurbación, en donde el rol de las edificaciones es clave al ser de usos habitacionales, públicos, residenciales, corporativos, hospitalarios y clínicos.

### 1.5 GASTO PROMEDIO DE UN HOSPITAL ANUAL

Los edificios hospitalarios a nivel nacional se financian con recursos estatales de forma anual, teniendo un presupuesto el cual se debe justificar en términos operacionales, justificando mantenimientos preventivos, correctivos y todo lo que sea necesario para mantener los servicios funcionando, en el transcurso del tiempo, se evalúan los gastos y se rinden cuentas

a la TGR para corroborar que las inversiones y recursos estatales sean gastos justificados correctamente.

Debido a que la naturaleza de un hospital de alta complejidad es funcionar de manera continua, en servicios y unidades clínicas críticas, el gasto monetario es proporcional y repetitivo anualmente, con alzas y subidas de gastos conforme vaya subiendo el costo de vida IPC.

El año 2021, en el diario oficial de la república, se promulgo la ley N°21.305 Sobre eficiencia energética, el cual busca promover el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, considerando que una edificación tiene un alto costo monetario, gasto en emanación de CO<sub>2</sub> para el planeta y medio ambiente.

A continuación, en la **Figura 1-3**, en el estudio realizado sobre eficiencia energética en el plan nacional, el sector de mesa de edificaciones estimó el estudio de gasto de un Hospital de alta complejidad teniendo como gasto anual \$432.967.099, en el uso y consumo energético.

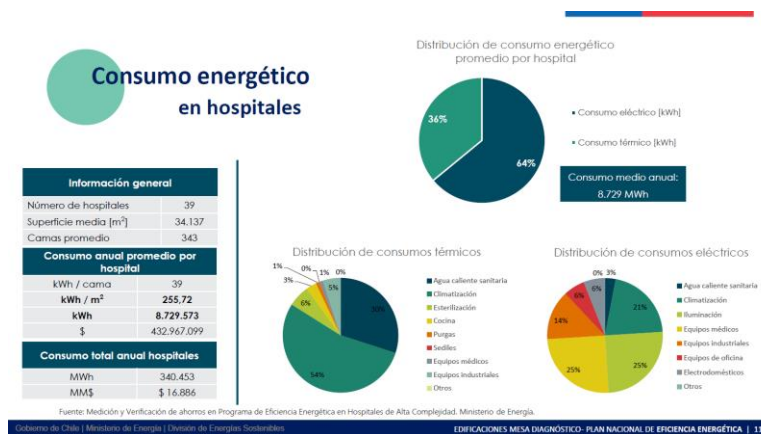


**Figura 1-3** “Descripción de gasto energético anual de un Hospital en Chile”.

**Fuente:** Mesa de trabajo en eficiencia energética año 2021.

En la **Figura 1-3**, el estudio realizado en eficiencia energética, respecto al consumo eléctrico en Hospitales, el mayor porcentaje se distribuye en iluminación, climatización y equipos

médicos, en donde el uso de estos sistemas es constante y periódico. En la **Figura 1-3** se puede apreciar una anualidad promedio en gasto de un Hospital de \$432.967.099.

Debido al alto costo monetario y a la contaminación de gases de CO<sub>2</sub>, la ley de eficiencia energética tiene un objetivo concreto considerando que cada vez son más las edificaciones que se instalan en el país a nivel nacional y con un alto costo de operación en su coste de anualidad correspondiente.

### 1.6 **TIPOS DE CONTROL EN EDIFICIOS.**

Entre las formas de controlar y automatizar un edificio, en el mercado se encuentran soluciones de domótica básica, hasta sistemas complejos en los cuales el monitoreo remoto es constante, y debe realizarse de manera eficaz para mantener los sistemas funcionando en su totalidad, teniendo control en gasto, funcionamiento y operación para mantener los procesos productivos funcionando en todo momento, generando el mínimo de pérdidas y derroche en términos monetarios y de insumos de procesos.

Edificios, hay de todos tipos, desde industriales, residenciales, corporativos y edificios clínicos, en donde cada edificio mencionado tiene un norte y objetivo distinto uno con respecto a otro, no obstante, todos tienen un gasto y costo energético y emanaciones de gases de CO<sub>2</sub>.

Debido a esto, las grandes empresas y compañías han llegado a desarrollar múltiples sistemas y formas de poder controlar y mitigar estos problemas para prevenir derroche en gasto innecesario y daño al medio ambiente, es así como las soluciones en el mercado son diversas según proyecto y alcance, generando una diversidad de productos y protocolos para poder mantener un monitoreo, control y automatización de manera eficaz y remota.

En edificación, el sistema BAS es un método para controlar los sistemas HVAC de un edificio, donde los múltiples puntos de conexión llegan a un controlador para posteriormente ser visualizada en una plataforma de monitoreo y supervisión, no obstante, la supervisión es

solamente de los sistemas HVAC con respecto a climatización y calefacción y no permite visualizar otros sistemas de otras áreas de especialidades de ingeniería.

Un sistema BMS tiene la particularidad de ser una plataforma de centralización más amplia, en donde al trabajar con distintos protocolos de comunicación y con la tecnología de hardware adecuada, es posible visualizar la información de sistemas HVAC, iluminación, CCTV y más sistemas que se utilicen en edificios, centralizando toda la información en un solo lugar. En ambos casos hay control en la infraestructura, no obstante, un BMS es más amplio y tiene un control mayor con respecto a un sistema BAS.

#### 1.6.1 Gestión y ahorro energético entre edificios con BMS

Para los inversores de edificios y sus dueños, el controlar el ahorro energético y mantener un ambiente laboral saludable y en un confort con armonía, es fundamental para lograr un bienestar laboral en la jornada del trabajador, por lo cual los sistemas BMS además de realizar un ahorro energético, son la herramienta clave para dar confort y seguridad a los trabajadores y usuarios de servicios, no obstante ante la complejidad de los múltiples sistemas que se encuentran de manera macro en la industria, es necesario implementar un sistema de gestión de edificio y entre edificios para realizar un ahorro energético óptimo en conjunto a responder las demandas de los solicitantes. Una gestión óptima con sistema BMS, reduce en un 30% el gasto energético.

Un sistema BMS tiene como objetivo y panorámica el control total del edificio con un enfoque ahorrrativo. Influye mediante sistemas de HVAC, iluminación, energía, alarmas y cualquier sistema que sea importante y crítico de la instalación, que sea necesario controlar y monitorear para centralizar.

Un sistema de gestión de edificios permite la integración de más edificios a futuro al centralizar toda la información en una plataforma de monitoreo y control, el cual trabaja con protocolos abiertos de comunicación para la interoperabilidad de los sistemas, generando una robusta escalabilidad en el tiempo. Estos sistemas se componen de software y hardware.

## 1.7 MAQUINARIAS INDUSTRIAL EN EDIFICIOS COMERCIALES, CORPORATIVOS Y AEROPUERTOS

Dentro de los sistemas y maquinaria industriales típicos que se encuentran en los grandes edificios, se encuentran las escaleras mecánicas y ascensores como transporte vertical para ir de un nivel o piso a otro, la variación y control de temperatura mediante sistemas HVAC y calderas, además de contar con sistemas de vigilancia cerrado (CCTV), control de personas mediante control de acceso y sistemas biométricos, sistemas de detección y extinción de incendios, traslado de agua potable por bombas, además de sistemas de iluminación remoto para encender y apagar iluminarias de forma remota.

Dependiendo del tipo de edificio, se encuentran unos u otros sistemas distintos, los cuales independiente de su país de origen y protocolo de comunicación de fábrica, mediante los sistemas BMS se puede establecer comunicación para lograr adquirir los datos en tiempo real y realizar traspaso de datos de manera remota como partir/parar de equipos, realizar cambio de temperaturas (SP) remoto, visualizar alarmas y graficas de animación en pantallas de supervisión, monitoreo y control, además de ser la herramienta clave para poder aplicar tecnologías convergentes con la industria 4.0.

### 1.7.1 Maquinaria industrial clínica-hospitalaria

Los edificios que corresponden a la rama clínica-hospitalaria tienen en la industria sistemas críticos y clínicos que son propio de la edificación para el funcionamiento del servicio y los sub-servicios clínicos asociados, en donde el gasto energético es alto en edificios de alta complejidad, con funcionamiento periódico, en donde las pérdidas de gastos energéticos son proporcionales, dónde se utiliza sistemas BMS para el control remoto, supervisión y mitigar el derroche en pérdidas de energía.

Los sistemas de ingeniería y maquinaria industrial típica que se encuentran en una edificación hospitalaria son de tipo de iluminación, sistemas HVAC de distintos calibre y tamaño, UMAS, equipos Fancoil, vigas frías, calderas, centrales generadoras de gases clínicos y aire medicinal, centrales térmicas y de calefacción, transporte vertical, PEAS y PEALL, red de agua potable, red de incendios, equipos médicos, centrales eléctricas y de energía, sistemas de respaldo de emergencias, sistemas sanitarios, entre otros.

A nivel industrial, los equipos de ingeniería que se utilizan en recintos hospitalarios y clínicos, deben ser normalizados y de calidad, para garantizar el funcionamiento constante en el tiempo de la edificación ante situaciones de emergencias, críticas y respaldo ante fallas, además de estar estrictamente certificados, ya que al ser maquinarias que trabajan con fines sanitarios y al ser sistemas industriales con distintos fines y usos, la garantía de la seguridad debe ser de calidad para ser presentadas a entes reguladoras como los Ministerios de Salud, los cuales velan por el óptimo funcionamiento de los Hospitales en su totalidad tanto en lo sanitario como en lo industrial.

La siguiente **Figura 1-4** corresponde la página principal del BMS del Hospital Las Higueras para monitoreo, supervisión y control de maquinaria industrial crítica en tiempo real.



**Figura 1-4** “Sistema BMS de Hospital Las Higueras”.

**Fuente:** Hospital Las Higueras.

En la **Figura 1-4**, la centralización de datos de los sistemas industriales permite el monitoreo, supervisión y control de manera constante y periódica. (Ver Anexo 8).

## **CAPITULO 2: SISTEMAS BMS Y CONTROL EN EDIFICIOS**

## 2.1 **QUE ES UN BMS?**

Un Sistema BMS, es un sistema y tipo de control de edificios que se utiliza en Hospitales, aeropuertos, centros comerciales, edificios de alta gama y corporativos como plataforma de control centralizada y supervisión del inmueble. Suelen ser sistemas con programación compleja, con soluciones reales mediante el uso de sensores, actuadores y distintas señales de trabajo.

Los sistemas BMS tienen la facultad de realizar mediante protocolos de comunicación abierta la adquisición de datos de distintos sistemas industriales, predominando el monitoreo, control y supervisión de sistemas de HVAC, iluminación y uso de energía de maquinaria industrial, ya que el mayor gasto energético se centra en esos sistemas.

La interoperabilidad de los sistemas BMS permite trabajar con sistemas tales como conteo de personas, luminosidad, flujos de aire, grupos electrógenos y sistemas de aplicaciones de distintos fabricantes. Con disponibilidad de alarmas inmediatas en tiempo real además de permitir realizar mantenimientos preventivos y predictivos en múltiples sistemas, en donde las múltiples señales son enviadas por protocolos de comunicación tales como BACNET, MODBUS, DALI, KNX, LONGWORK, Z-WAVE, BLUETOOTH, ENOCEAN, ZIGBEE, entre otros.

Los sistemas BMS utilizados en las industrias hospitalarias son usados con frecuencia debido a su flexibilidad, al ser sistemas de control centralizado, gestión en ahorro energético, seguridad, iluminación, confort y supervisión, en ellos se canaliza la información de los sistemas en tiempo real mediante el traspaso de información entre sensores, actuadores, controladores, servidores y switch asociados, siendo cada vez más implementados y utilizados al ser considerados sistemas modernos, además de ser seguros, fiables y escalables en el tiempo, y al permitir incorporar nuevas tecnologías críticas en terreno, lo cual permite el control remoto mediante sistemas de comunicación abierta.

## **2.2 COMO FUNCIONA UN BMS**

Un Sistema BMS funciona mediante la implementación de dispositivos de Hardware y Software, siendo los dispositivos físicos los controladores de campo o PLC, el cual tiene la capacidad de tomar datos de procesos externos, que cuenten con equipos que trabajen con protocolos abiertos, en donde al obtener información y procesarla de manera digital y con los softwares adecuados, permitirá crear un sistema virtual de monitoreo y supervisión, tomando datos en tiempo real de procesos.

Los procesos a monitorear deben trabajar con sistemas de protocolos de comunicación abierto y que permita físicamente el hardware conectarse a controladores de sistemas BMS.

Con referente a los software, tienen la capacidad de producir un gemelo digital, el cual es una réplica digital del edificio, edificios e instalación, creando una par digital en contorno de edificio y pisos del inmueble, el cual permite simular la ubicación real de los dispositivos y maquinarias a controlar, para facilitar los tiempos de respuesta ante falla, averías, mantenciones programadas y correctivas y para mantener una ubicación exacta de las maquinarias críticas, ubicándola por nombre de edificio y piso o sectorización, en donde en la misma ubicación digital, permite distribuir dispositivos de monitoreo de energía, equipos de HVAC para climatización y calefacción, ascensores y maquinaria típica en edificaciones generando una plataforma virtual monitoreando distintos procesos.

Además de visualizar de manera gráfica, los Software permiten el envío de información entre la pantalla digital y los controladores de fábrica de las maquinas, mediante sistemas operativos de estándar abierto utilizando protocolos de comunicación adecuados, en donde los sistemas BMS tiene la flexibilidad y capacidad de trabajar con estos sistemas para una mayor interoperabilidad, escalamiento e integración de tecnologías en el tiempo.

Los sistemas de alarmas de mensajería instantánea también están incorporados en los sistemas BMS, el cual permite saber y conocer en tiempo real cuando se producen alarmas o si fallan sistemas críticos en la edificación y que estén enlazados con el sistema BMS

permitiendo reducir los tiempos de falla en los sistemas críticos y teniendo control sobre el inmueble.

### 2.2.1 Arquitectura de una estructura de comunicación con BMS

Realizar la automatización y control de un edificio con BMS, implica trabajar con múltiples protocolos de comunicación que se encuentran en el mercado, con protocolos abierto y estándar, en donde a nivel de aplicación, se logra realizar un control absoluto sobre el edificio en los sistemas críticos y que dan funcionalidad al y a los inmuebles implicados con el control con BMS en los sistemas.

Los sistemas de ingeniería, servicios e industriales que se utilizan con una arquitectura con BMS se pueden representar de la siguiente manera, en donde todos los dispositivos llegan a la red para ser trabajos con protocolos de comunicación para ser visualizada en plataformas de control y monitoreo remoto en tiempo real.

A continuación, la **Figura 2-1**, muestra el diagrama conceptual de la arquitectura del sistema BMS del Hospital Las Higueras mediante comunicación de TCP/IP y BACnet para centralizar la información con BMS.

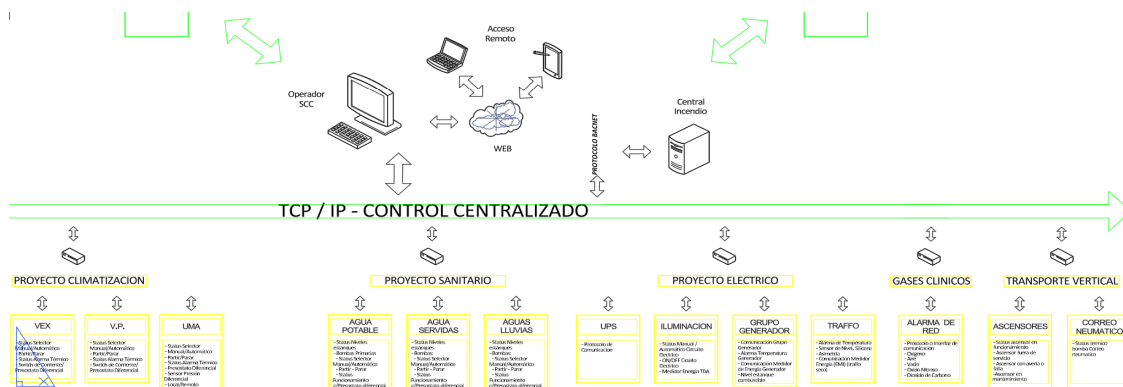


**Figura 2-1** “arquitectura BMS con distintos protocolos de comunicación”

**Fuente:** Hospital Las Higueras

En la **Figura 2-1**(ANEXO 1) la arquitectura de sistema BMS, con distintos sistemas industriales y redes de internet conectado mediante los protocolos de comunicación

correspondiente, permite visualizar la información en pantallas de monitoreo en BMS para controlar, monitorear y supervisar sistemas de CCTV, HVAC, red de incendio, control de acceso, ascensores iluminarias y otros servicios que estén involucrados en la edificación y se requiera monitorear, controlar y supervisar.

Esto se logra utilizando tecnología con sistemas y plantas industriales de distintos fabricantes y países a nivel mundial y se permite la comunicación e intercambio de información de sistemas en tiempo real, donde a nivel operacional, permite el uso continuo de los servicios en el tiempo permitiendo tener un control sobre el inmueble e influir en el funcionamiento.

La arquitectura BMS, permite ser un sistema escalable en el tiempo, en donde las modificaciones constantes que se producen en los edificios, al incorporar nuevas áreas o modernización de maquinaria antigua, permite que al incorporar tecnologías nuevas, la arquitectura no pierda su funcionalidad y que por el contrario, permita la incorporación del nuevo sistema, generando una escalabilidad constante en el tiempo, además de generar tecnologías convergentes al tener procesos operacionales e informáticos en la arquitectura de funcionamiento del edificio a nivel operacional y a nivel de información en redes.

## 2.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN TÍPICOS EN SISTEMAS BMS

### 2.3.1 BACNET (Building Automation control Networks)

Es el protocolo orientado a la automatización y control de edificios, fue desarrollado por organizaciones de estados unidos fundado por ASHRAE el cual cumple norma ISO para trabajar con sistema de protocolo abierto.

BACNET se desarrolló debido a que, en los edificios, los sistemas de HVAC, control de acceso, sistemas de detección de incendios, operaban con distintos protocolos, los cuales por cada línea de servicio se necesitaría una estación de servicio y un operador, además de limitar a que los distintos servicios, no puedan comunicarse entre sí, en solo un espacio físico o

estación de trabajo, generando un alto costo al tener que comprar puerta de enlaces específicas.

Para ampliar la venta de proveedores, para una mayor integración y para que puedan monitorearse todos los procesos en sola una estación de trabajo, fue que se desarrolló BACNET, logrando una comunicación entre equipos de distinto fabricante, marcas y origen, haciendo posible que la información llegue a una estación de trabajo, la cual permita monitorear, controlar y operar los distintos servicios de las infraestructuras.

BACNET, utiliza el modelo cliente-servidor para dar continuidad en el servicio y para realizar cambios de mensajería, donde los clientes son las estaciones de trabajo (Workstation) y los servidores los controladores que tienen la información interna de los procesos.

En BACNET/IP, el puerto de comunicación estándar que permite la interoperabilidad entre dispositivos de distintos fabricantes y edificios es el puerto de comunicación UDP 47808, en donde el protocolo, al trabajar sobre ETHERNET, Fibra óptica y en la red, permite conectar distintos edificios hacia un lugar predeterminado con información centralizada.

### 2.3.2 MODBUS

Originario de MODICOM, MODBUS es utilizado en aplicaciones industriales gracias a su gran confiabilidad en comunicación, seguridad y al ser un sistema de protocolo de comunicación abierto.

MODBUS funciona a través de una arquitectura maestro esclavo o cliente-servidor, en donde la comunicación entre sensores y PLC es constante en el tiempo.

MODBUS se utiliza para funciones específicas o funciones avanzadas en donde a través de MODBUS RTU o MODBUS TCP/IP se logra dar respuesta a problemas complejos en sistemas de automatización y control.

MODBUS RTU: Utiliza una arquitectura Maestro-Esclavo, su capa física es RS-485 y tiene una comunicación Half Dúplex. Es ampliamente utilizado a nivel industrial a ser de bajo costo y fiable, no obstante, en comparación a MODBUS TCP/IP, es más lento.

MODBUS TCP/IP: Este protocolo utiliza Ethernet como base y una arquitectura cliente-servidor. Trabaja en la capa física con conector RJ-45 y tiene comunicación Full Dúplex.

En cuanto a velocidad MODBUS TCP/IP tiene una amplia ventaja sobre MODBUS RTU en aplicaciones, no obstante, su configuración es más compleja al tener que configurar las direcciones IP de los dispositivos en la red.

El protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP trabaja con el puerto de comunicación 502 para comunicación por Ethernet para procesos industriales.

### 2.3.3 DALI

El protocolo de control de iluminación DALI significa Interfaz de Iluminación Direccional Digital. Es un protocolo de comunicación bidireccional que permite controlar y comunicar los componentes de un sistema de iluminación el cual trabaja bajo el estándar eléctrico IEC 62386.

- La instalación es sencilla. Las líneas eléctricas y de control se pueden conectar sin necesidad de blindaje. Además, la topología del cableado puede tener forma de estrella (centro y radios), de árbol o de línea, o cualquier combinación de estas.
- La comunicación es digital, no analógica, por lo que varios dispositivos pueden recibir exactamente los mismos valores de atenuación, lo que da como resultado un rendimiento de atenuación muy estable y preciso.
- Todos los dispositivos tienen su propia dirección única en el sistema, lo que abre una amplia gama de posibilidades para un control flexible.
- El protocolo DALI, no trabaja con un puerto de comunicación específico a diferencia de BACNET/IP o MODBUS.

#### 2.2.4 KNX

Es un estándar internacional y global de domótica abierto para la automatización de viviendas y edificios que permite a dispositivos de diferentes fabricantes comunicarse a través de un único bus, controlando iluminación, climatización, seguridad, persianas y más de 500 fabricantes distintos el cual permite la comunicación entre dispositivos independiente del país de origen.

Tiene la capacidad de funcionar sin un servidor centralizado que maneje la instalación al ser un sistema descentralizado en donde los componentes tienen de forma íntegra la tarjeta de control el cual realiza el envío de señales correspondiente para actuar entre ellos.

El protocolo KNX se puede comunicar a través de radiofrecuencia, ethernet y cables eléctricos (POWERLINE) y par trenzado, el cable de par trenzado es el más utilizado para la transmisión de datos al ser más barato.

#### 2.3.5 LONGWORK

LONGWORK es una plataforma de red abierta y un estándar (ISO/IEC 14908), es una norma de bus de campo utilizada principalmente en la automatización en edificios creado en el año 1988 para la automatización distribuida, especialmente en edificios, que permite a dispositivos inteligentes (nodos) comunicarse de forma interoperable usando el protocolo LONTALKS sobre diversos medios (par trenzado, fibra, línea eléctrica, inalámbrico). Su fortaleza radica en la flexibilidad, inteligencia descentralizada de los nodos y la capacidad de integración sistemas de diferentes fabricantes para controlar funciones como HVAC, iluminación y seguridad, creando un sistema global para la gestión de edificios.

Los datos de red intercambiados en LONGWORKS, se configuran mediante una herramienta de configuración de red. Esta operación, denominada enlace, vincula la entrada de un dispositivo con la salida de otro, independientemente del software de operación o aplicación de cada dispositivo.

A nivel mundial en edificación, LONGWORK es utilizado ampliamente al ser capaz de comunicar sistemas de distintos protocolos y fabricantes dando solución en sistemas de automatización BAS, al lograr interconectar dispositivos y sistemas de distintas marcas, fábricas y país de origen.

Al implementarse en edificación, es un estándar ampliamente utilizado por ASHRAE, IEEE, ANSI y SEMI.

LONGWORK, se usa ampliamente en el mercado de la automatización de edificios, el mercado en el que es más conocido, no obstante, también se está utilizando en el transporte, la medicina, la industria, el hogar, los servicios públicos y muchos otros mercados.

#### 2.3.6 Z-Wave

Es un protocolo de comunicación inalámbrica de baja potencia, trabaja con frecuencias distintas a las del Wi-Fi para evitar interferencias entre frecuencias. Una característica clave es que cada dispositivo, puede funcionar como repetidor, logrando un mayor alcance en la red y escalabilidad siendo un factor clave.

#### 2.3.7 ENOCAN

Protocolo enfocado en la tecnología de comunicaciones inalámbricas de bajo consumo, destaca por permitir que muchos de sus dispositivos funcionen sin pilas ni cables, aprovechando la energía ambiental (luz, movimiento, temperatura) para su funcionamiento. Es un protocolo interoperable, que facilita la integración de dispositivos de diferentes marcas y se enfoca en la eficiencia energética, la sostenibilidad y la simplicidad de instalación para sensores, interruptores y actuadores en edificios.

ENOCAN es un estándar de comunicación de ultra bajo consumo, en donde funciona con una frecuencia de 868Mhz. Frecuencia distinta al Wi-Fi o BLUETOOTH, teniendo una mayor permeabilidad en paredes y muy utilizado en sensores de iluminación para sistemas BMS.

### 2.3.8 ZIGBEE

Es un protocolo de comunicación inalámbrica de bajo consumo y corto alcance diseñado para la IoT, sus características son muy parecidas al de Z-WAVE.

Sus dispositivos inalámbricos, que trabajan con protocolo **IEEE 802.15.4** utilizan batería de bajo consumo que funciona por largos periodos, lo cual lo hace ideal para sensores de iluminación, control HVAC, sensores de movimiento para detección de personas en seguridad, entre otras aplicaciones.

Sus dispositivos trabajan en arquitectura Red Mesh o malla parcial, el cual permite que cada dispositivo conectado.

## 2.4 CHILLER Y PLC CON TARJETA INTEGRADA PARA CENTRALIZACION CON BMS

La realización de una plataforma con BMS tiene una arquitectura completa y compleja, desde distintos sistemas y protocolos hasta la centralización de datos en una sola estación de trabajo, conectando los múltiples sistemas de distintas marcas, origen y que trabajan con protocolos de comunicación abierto, para realizar comandos remotos, no obstante, para realizar la integración correspondiente, el sistema a monitorear debe tener un punto de conexión para la integración del sistema.

A nivel de hardware, la **figura 2-1** corresponde a la tarjeta de comunicación del PLC local del proceso industrial de las centrales térmicas, en donde funcionado los equipos, permite comunicar la información para el sistema BMS con respecto al funcionamiento local de las centrales térmicas, en donde la BMS Card corresponde a la parte de la estructura de hardware

del PLC del CHILLER, el cual envía información en tiempo real hacia plataforma BMS general.



**Figura 2-2** “PLC PCO5+ de CHILLER con tarjeta BMS para centralización de datos”

**Fuente:** Hospital Las Higueras.

La **figura 2-2** corresponde al PLC local de la central térmica, el cual permite realizar y aplicar el concepto de BMS para realizar una centralización de datos con PLC disponible para BMS(Ver Anexo 10). En este caso, la BMS Card envía y recibe información de parámetros de la central térmica asociada el cual toma datos en tiempo real de la generación de agua caliente o fría del proceso. Además, mediante la plataforma visual, permite mediante animación gráfica, realizar el traspaso de información de datos para posteriormente ser visualizada en la central del BMS.

## 2.5 TECNOLOGIAS CONVERGENTES EN SISTEMAS BMS

Las tecnologías convergentes, son la mezcla entre tecnologías de operación y tecnologías de información, en donde gracias a la red, es posible obtener de manera virtual datos y parámetros de procesos industriales, en donde gracias a la tecnología de información, permiten organizar los sistemas de distintas maneras.

Los sistemas BMS al ser un cerebro centralizado, en gestión y control de edificios, es una excelente tecnología convergente para trabajar de forma eficaz IT+OT (tecnología de información y tecnología de operación).

Los sensores conectados a la red, permite el envío constante de datos mediante su tecnología operacional OT, permitiendo mediante la tecnología de información procesar la información mediante software de IT, pudiendo realizar mantenimientos predictivos por tiempo de uso y prevenir averías al tomar datos de sensores.

Esta fusión de tecnologías permite transformar una edificación de cualquier tipo, en un “edificio inteligente” el cual cada vez es más recurrente y solicitado en grandes construcciones al ser sistemas que buscan automatizar y ahorrar energía ofreciendo una alta calidad en eficacia, seguridad y confort de manera centralizada con múltiples servicios y de distintos fabricantes y protocolos.

#### 2.5.1 Integración de inteligencia artificial en sistemas BMS

Un sistema BMS en edificación, es un sistema que automatiza los edificios y los sistemas que dan funcionamiento en base al ahorro energético, confort y demanda, no obstante, es inflexible y esto se debe a que no aprende en base al uso cotidiano, parámetros de configuración de sensores y actuadores teniendo que ser monitoreado, supervisado y controlado de manera constante.

Un Sistema BMS con inteligencia artificial, permite que el sistema de control aprenda diariamente sobre el uso, falla, funcionamiento, solicitudes típicas logrando una funcionalidad y forma de operar distinta a un sistema BMS que no posee inteligencia artificial o BMS típico.

Un BMS inteligente puede **predecir con precisión cuándo va a fallar un equipo**, no basándose en umbrales fijos sino en patrones sutiles que detecta en los datos de sensores.

**CAPITULO 3: SOFTWARE PARA BMS Y SOFTWARE PARA DESARROLLOS DE  
SISTEMAS SCADAS Y HMI PARA PROPUESTA DE MEJORA**

### 3.1 **SOFTWARE PARA REALIZAR SISTEMAS BMS**

Para realizar una plataforma de control, en un edificio con diversos sistemas críticos importantes a monitorear, se debe analizar el tamaño del proyecto a monitorear y controlar, el alcance a querer lograr como objetivo para lograr la integración de diversos sistemas de ingeniería y automatización hacia una pantalla centralizada y definir el enfoque a controlar y a trabajar en el inmueble o terreno.

Actualmente en el mercado se encuentran distintas marcas de programas de softwares de sistemas BMS, entre los cuales los más conocidos son los siguientes lideres mundiales.

- Tridium Niagara Framework (Honeywell).
- Desigo CC de Siemens.
- Ecostruxure Building Operation (EBO) de schneider electric
- Metasys de Jonhson Controls
- Enterprise Buildings Integrator-EBI (Honeywell Forge).
- Aplicaciones pequeñas para domótica residencial con open source.
- Distech Controls
- Otros.

Aplicar el concepto BMS y su tecnología asociada, implica el invertir en software y hardware para adquirir licencias y componentes asociados en donde como resultado, se obtendrá un gemelo digital y virtual el cual se puede controlar y automatizar de manera ordenada, controlada y automatizada sin perder su norte que es el ahorro energético a gran escala.

### 3.2 SOFTWARE PARAR REALIZAR ANIMACION DE HMI

Una plataforma BMS, al ser una plataforma centralizada de múltiples sistemas de ingeniería crítica, para una categorización, sectorización y para diferenciar un sistema de otro, se realiza en base a una pantalla general principal, la cual se subdivide en especialidad para posteriormente volver a subdividirse en la pantalla de monitoreo mediante la HMI o SCADA implementada para la visualización del objeto, equipo o sistema correspondiente a visualizar en donde, mediante esto, se permite realizar una lectura y envío de datos de forma remota a múltiples sistemas críticos, de importancia y de manera relevante con maquinarias ubicadas en distintos edificios, distancia y de maquinaria de origen de distintos países y con sistemas de ingenierías de distintos usos y aplicaciones.

La propuesta de mejora en las centrales térmicas, se basa en el sistema SCADA de la central térmica 1, sistema SCADA de la central térmica 2 y sistema SCADA de la central térmica 3, con lo cual toda información de animación de sistema SCADA o HMI llega a ser visualizada en la plataforma BMS, y su plantilla correspondiente, el cual tiene el control absoluto del inmueble, en base a esto y realizando la toma de datos, es posible crear una plataforma virtual con todos los sistemas de ingeniería y críticos, de manera ordenada y separada por sección y categoría en donde cada sistema trabaja con sus protocolos de comunicación correspondiente para la toma y envío de datos.

Para realizar la propuesta de mejora de los sistemas SCADA, se utilizará Software Vijeo Designer de Schneider Electric el cual permite realizar animaciones visuales para animaciones HMI y enviar propuesta de mejora, siendo esta **de carácter gratuito en WEB**.

Schneider Electric además de trabajar con PLC, vender insumos eléctricos y de automatización, también es creador de software de control, en donde hay software para realizar animaciones de pantallas HMI y también software para crear BMS, en control de edificios, en donde Schneider Electric, utiliza el software EBO el cual se debe pagar para vobtener el software y sus licencias asociadas para el funcionamiento.

### 3.3 PROPUESTA DE SOLUCION A PROBLEMÁTICA EN CENTRAL TERMICA 1

#### 3.3.1 Funcionamiento de central térmica 1 y detección de problema

En central térmica 1, el funcionamiento de la planta industrial compuesta por 4 CHILLER industriales se encarga de calentar agua y mandar mediante sus bombas asociadas el agua hacia los equipos de calefacción. A su vez, los equipos designados en la modalidad de frío, realizan el enfriamiento del agua para enviar a los mismos equipos de HVAC tales como equipos FANCOIL, UMAS o Vigas Frias, que trabajan con agua fría y caliente, estos permiten realizar la climatización y calefacción a todos los sectores de los edificios, los cuales trabajan con agua fría y agua caliente para poder variar la temperatura en las salas, oficinas y espacio a utilizar.

La **Figura 3-1** corresponde a un fragmento de la planta industrial y por planificación viene detallada, en donde el surtidor de agua caliente debe trabajar a 45°C y el surtidor de agua fría de la central a 8°C. Estos valores, deben permanecer constantes en el tiempo con un leve delta definido por histéresis por termostato para que permita al agua tratada, llegar al último rincón del edificio de forma eficiente y correcta, ya que de no encontrarse los parámetros mencionando, las centrales se encontrarían trabajando fuera de rango, lo cual genera inconvenientes al funcionamiento de los equipos HVAC distribuidos por los edificios.

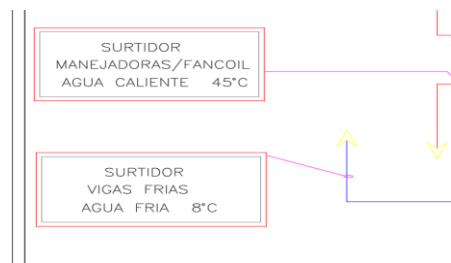


**Figura 3-1** “Parámetros de SP de surtidor de CHILLER Central Térmica 1”.

**Fuente:** Plano P&ID normalizado de Central térmica 1.

En la **figura 3-1**(ANEXO 2) el proceso industrial de generación y tratamiento de agua de la central térmica 1 tiene una amplia instrumentación y maquinaria el cual se puede observar

en el ANEXO 3 mediante el SCADA del BMS de la central térmica 1, es por esto que al observar los sensores e instrumentos en su totalidad, al observador que desconozca los parámetros de instrumentación por planificación y al no existir una alarma de aviso en el sistema SCADA, esto se transforma en un factor de demora ante las respuesta de falla de la central térmica y su generación de agua correspondiente, en donde al reestablecer los sistemas con temperaturas fuera de rango, exige a los equipos, alzas de corriente más amplia de lo normal, generando un gasto mayor en la maquinaria y daño en los equipos al forzar los componentes para llegar a los valores de SP designados.

En la **Figura 3-2** el surtidor de calor del lado izquierdo indica una temperatura de 32,1°C, por otra parte, el surtidor de calor del lado derecho indica una temperatura de 48,9°C, por planificación el SP es de 45°C en donde la baja de temperatura se debe a que el CHILLER encargado de generar agua caliente tratada, no se encuentra generando agua caliente.

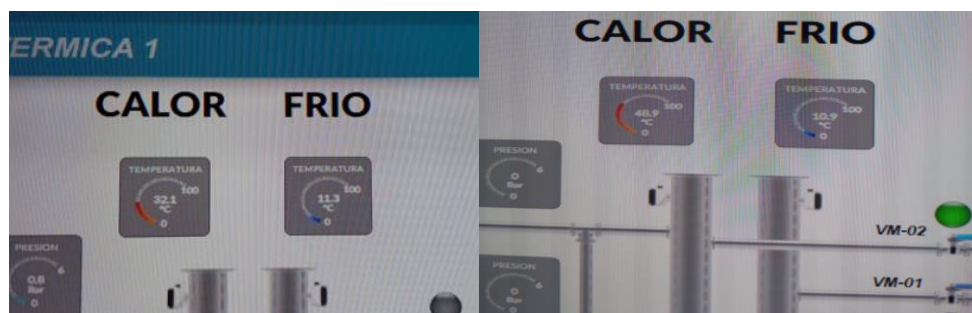


**Figura 3-2:** “Surtidor de calor con 32,1°C vs Surtidor de calor con 48.9°C”.

**Fuente:** BMS de Hospital Las Higueras.

En la **figura 3-2** al existir una baja temperatura en surtidor, no existe calefacción óptima y correcta en el edificio para ser utilizado por sus equipos asociados.

Al comparar una temperatura de 48.9°C versus a 32,1°C existe una diferencia de 16,8°C, diferencia que afecta negativamente al edificio, sectores clínicos, pacientes y funcionarios,

en donde al reestablecer el sistema, el Peak de corriente es mayor al forzar al equipo generador de agua tratada.

### 3.3.2 Propuesta solución a problemática en animación de BMS

Como propuesta de solución a este problema y para agilizar la respuesta por parte del personal supervisor ante falla o averías y para facilitar la interpretación de animación, en la **Figura 3-3** se propone la aparición de mensajería de texto de alarma cuando la señal del surtidor tenga lecturas en terreno erróneas y sean fuera de lo estipulado por planificación. En la simulación se ingresa un SP de 35°C y de agua fría con una temperatura de 25°C, valores que son distintos a los parámetros de planificación en donde el mensaje condicionado se hace visible.

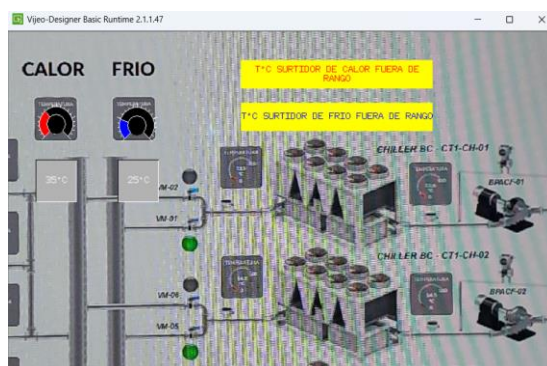


**Figura 3-3:** “*Texto De alarma condicionado, aparece visible cuando señal de Temperatura en surtidor se encuentra fuera de rango establecido*”

**Fuente:** SCADA del BMS de central térmica 1 y animación con Vijeo Designer.

La **figura 3-3** (Ver Anexo 3), los SP de surtidor de calor y surtidor de frio deben ser de 45°C y 8°C respectivamente, no obstante, cuando los valores de señales se encuentran fuera de rango, no existe señal de aviso de mensajería instantánea propia del sistema SCADA, en donde suele ser compleja la ingeniería de funcionamiento de la central al existir harta

instrumentación industrial. Estos mensajes instantáneos, son señales interpretativas para el operador, el cual facilita la lectura de rangos y anomalía hacia el correcto funcionamiento de la instalación agilizando la respuesta ante falla y averías.

Como propuesta de mejora el mensaje de alarma aparece cuando la señal de temperatura medida, es inferior a 35°C, ya que al estar 10°C más bajo de lo establecido, es un factor de que el CHILLER no se encuentra generando agua caliente para climatizar y calefaccionar a la edificación en tu totalidad.

### 3.4 **PROPUESTA DE SOLUCION A PROBLEMÁTICA EN CENTRAL TERMICA 2**

#### 3.4.1 **Funcionamiento de central térmica 2 y detección de problema**

La central térmica 2, consta de 1 CHILLER industrial y el proceso se encarga de realizar la generación de agua fría para equipos denominados Vigas Frías, el CHILLER trabaja con agua a temperatura baja, en donde por planificación, tiene un punto de consigna de 15°C para frío. El uso de esta central es solamente para climatizar o calefacción en donde el agua tratada, se envía a diferentes equipos de climatización de vigas frías distribuida por los edificios.

A continuación, **la figura 3-4** representa a un fragmento del plano P&ID (Ver Anexo 4) de la central térmica 2 y parte del sistema SCADA de la central térmica 2(Ver Anexo 5) del sistema BMS en monitoreo y supervisión de la planta industrial.

En la imagen del lado izquierdo, se puede observar que, por planificación, tiene un SP de 15°C, por otra parte, la imagen del lado derecho de **la figura 3-4**, la lectura del surtidor de agua indica una medición de 22,6°C.

Esta diferencia de °C, se debe a que la central térmica 2 no se encuentra generando agua fría según lo solicitado, en donde al no funcionar, el agua aumenta su temperatura.

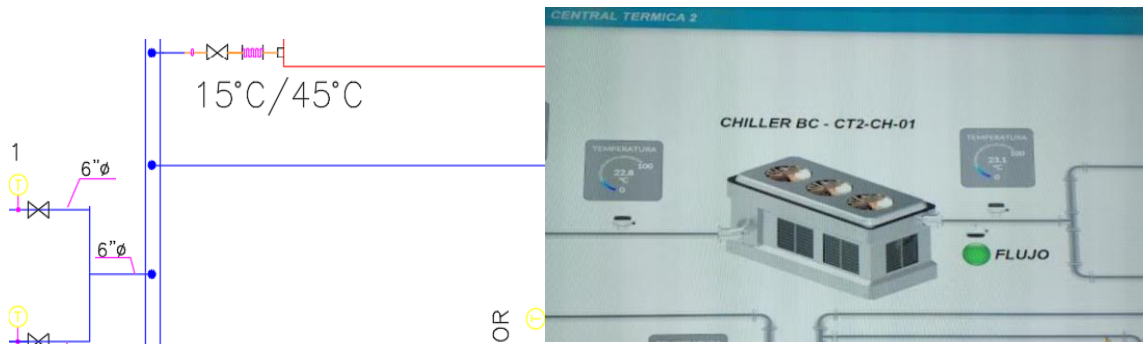


**Figura 3-4** “Temperatura de planificación 15°C vs Temperatura de central sin funcionar en 22,1°C”.

**Fuente:** Plano P&ID y software de BMS de Hospital Las Higueras.

En la **figura 3-4** el punto de consigna de planificación es 15°C, en donde si el CHILLER falla o deja de funcionar, el agua a al desplazarse de manera constante y al ser un sistema cerrado, la temperatura aumenta al pasar por las tuberías mediante las bombas, en donde el valor de temperatura aumenta y por efecto las vigas frías funcionan, pero sin poder enfriar al no tener una temperatura baja en su sistema y para lo cual fue diseñado.

La temperatura, alcanzando valores sobre los 21°C genera una diferencia considerable con respecto al funcionamiento del cual fue diseñado la central térmica 2.

### 3.4.2 Propuesta solución a problemática en central térmica 2 en animación de BMS

Como propuesta de solución a este problema, y para agilizar la respuesta por parte del personal supervisor ante falla o averías, se propone la aparición de mensajería de texto de alarma, cuando la señal del surtidor tenga lecturas en terreno erróneas y sean fuera de lo estipulado por planificación.

A continuación, en la **figura 3-5**, se puede visualizar la aparición de mensaje de texto condicionado, el cual aparece cuando la señal de temperatura del surtidor de frío, alcanza una temperatura de 22°C.



**Figura 3-5:** “*Texto De alarma condicionado, aparece visible cuando señal de Temperatura en surtidor se encuentra fuera de rango establecido*”

**Fuente:** SCADA del BMS de central térmica 2 y software Vijeo Designer para animación.

En la **figura 3-5**(Ver Anexo 5) corresponde al sistema BMS del Hospital Las Higueras con referente a la central térmica 2, en donde la animación de la plataforma contiene instrumentación industrial para monitoreo en tiempo real, por lo cual al tener mediciones fuera de lo establecido por planificación, se propone condicionar mensaje de alarma de texto para que se haga visible cuando las lecturas sean erróneas.

### 3.5 PROPUESTA DE SOLUCION A PROBLEMÁTICA EN CENTRAL TERMICA 3

### 3.5.1 Funcionamiento de central térmica 3 y detección de problema

La central térmica 3, se encarga de generar agua caliente sanitaria para el edificio, en donde el agua generada se utiliza para ser enviada a duchas de la instalación y lavamanos, generando agua caliente sanitaria para diferentes usos, tanto en maquinarias con aplicaciones menores y no tan complejas y para usuarios. Su funcionamiento tiene que ser constante en el tiempo, ya que su demanda suele ser de día y de noche.

Esta central se compone de 3 equipos CHILLER los cuales, a su salida, llega a un punto en común el cual es el surtidor antes de ser transferida por bombas a BOILERS de almacenamientos y bombas las cuales transporta el líquido hacia la edificación.

**La figura 3-6** (Ver Anexo 6) según especificaciones técnicas y de planificación, los CHILLER trabajan con un ingreso de temperatura de 50°C el cual se aumenta a 60°C para su salida en donde el uso es constante y mediante un sistema cerrado, en donde el retorno del sistema se utiliza como parte de la entrada general del colector de agua para evitar el uso de agua fría y forzar el equipo de manera innecesaria.

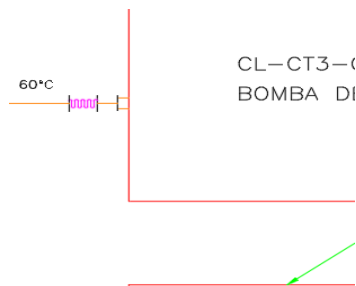


**Figura 3-6:** "Temperatura de salida a 60°C de agua tratada en Central Térmica 3 para ser utilizada para agua caliente sanitaria en el Hospital Las Higueras"

**Fuente:** Plano P&ID de Central Térmica 2 de Hospital Las Higueras.

La **figura 3-6** se puede ver de forma completa en ANEXO 6 en su plano P&ID y ANEXO 7 en su sistema SCADA de la plataforma BMS en donde se aprecia el equipamiento industrial del proceso con bombas, y boiler para el almacenamiento y desplazamiento del agua tratada.

Este sistema SCADA, al bajar la temperatura del surtidor, por motivos de falla o avería, provoca que la temperatura al ser baja no logre llegar con la temperatura adecuada a los boiler de almacenamiento teniendo como resultado, baja temperatura en usos sanitarios generando problema en baños, duchas y equipos menores en los edificios en sectores clínicos, de pacientes y de usuarios.

En la **figura 3-7**, se puede observar una lectura de temperatura en la imagen izquierda de 36,1°C, por otra parte, a la salida del Boiler por planificación de P&ID debe ser de 60°C, esta diferencia de temperatura, al ser baja, no existe agua sanitaria optima para tener agua caliente en lavamanos y duchas, siendo un problema de higiene y de cuestionamiento al no haber agua caliente para su uso.

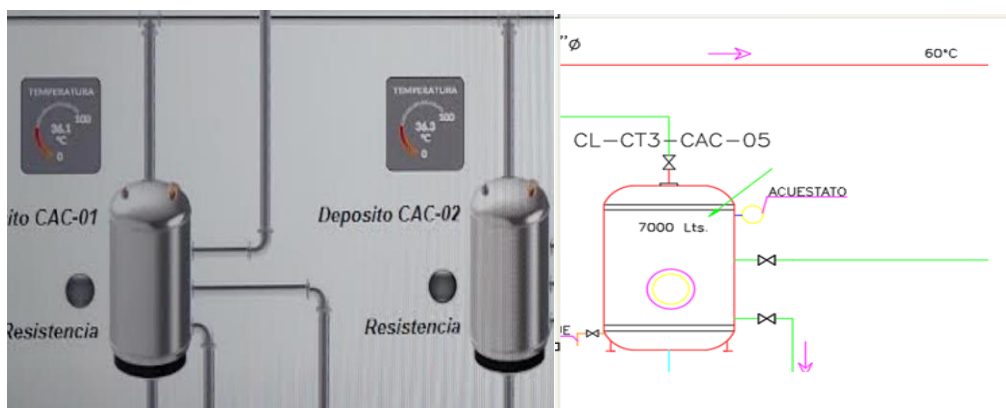


**Figura 3-7:** “Temperatura de planificación 60°C vs Temperatura con Central Térmica Con Avería o falla 36,2°C

**Fuente:** Plano P&ID y BMS de Hospital Las Higueras

En la **Figura 3-7** la diferencia de temperatura se debe a que los CHILLER’S no se encuentran funcionando en su generación de agua caliente sanitaria, en donde al no funcionar la generación, y al circular el agua de manera constante en el circuito cerrado, la temperatura almacenada en los Boiler’s se **pierde** teniendo como resultado un agua

almacenada con temperatura errónea y a baja temperatura en comparación a los valores de diseño.

### 3.5.2 Propuesta solución a problemática en central térmica 3 en animación de BMS

La diferencia de temperatura en la Central Térmica 3 en la **Figura 3-7**, se debe a que la central generadora de agua caliente se encuentra con falla, en donde la interpretación de toda la instrumentación se puede observar en el ANEXO 7, al visualizar la planta industrial en su totalidad, dificulta la interpretación en su totalidad, en donde al fallar, la baja de temperatura es notoria y considerable, en donde para reducir el tiempo de falla, se propone realizar la animación de aparición de mensaje de texto cuando la señal del surtidor baje en la generación de agua caliente sanitaria. A continuación, en la **Figura 3-8** se visualiza la central térmica 3 en su sistema SCADA con la simulación de señal de baja temperatura con un ingreso de 35°C para visualizar texto condicionado para ser visible y mostrar información de baja temperatura en la planta industrial.

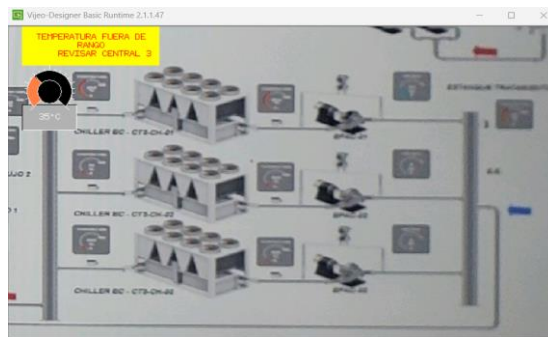


**Figura 3-8** “*Texto de alarma condicionado para baja temperatura en surtidor de salida de agua de la Central Térmica 3*”

**Fuente:** SCADA del BMS de central térmica 3, ANEXO 7

En la **Figura 3-8**, la señal de temperatura del surtidor al ser de baja temperatura se sale de los parámetros de planificación, en donde al existir una baja temperatura en el circuito, es factor de problemas a la edificación del Hospital al no estar la temperatura del agua con la temperatura correcta en el sector de agua de calefacción sanitaria.

### 3.6 Importancia y conclusión de centrales térmicas.

El conjunto de las centrales térmicas 1,2 y 3, realizan la función de generar el agua para ser utilizada por todos los equipos de climatización y calefacción asociados del hospital, en donde su importancia es de relevancia en el funcionamiento constante y sus servicios clínicos asociados. Una mala calefacción o climatización, trae problemas a los servicios y cuestionamiento por parte de los profesionales del área de la salud, en donde las respuestas resolutivas deben desarrollarse en el menor tiempo posible.

## **CONCLUSION**

Para lograr la eficiencia, confort y ahorro energético en múltiples edificios con distintas maquinarias y fabricantes, realizar un sistema BMS es fundamental y esencial para tener automatizado de forma eficaz las instalaciones en su totalidad, en donde independiente de su origen de fabricación y protocolos de comunicación y funcionamiento, gracias a la interoperabilidad de los sistemas modernos, estos son capaces de establecer comunicaciones con otros equipos, logrando una canalización centralizada en tiempo real de los procesos y maquinaria industrial para así optimizar recursos, lograr una mayor eficiencia y sostenibilidad en el transcurso del tiempo. En donde al estar centralizada la información, se puede obtener información valiosa de los procesos para anticiparse a fallas, realizar mantenciones preventivas y resulta ser de fácil integración para proyectos de edificación con integración a sistemas ya existentes.

A pesar de que su implementación entre hardware y software suele ser de alto costo sumado al proceso a monitorear, es un recurso moderno futurista que tiene gran escalabilidad y funcionamiento, que vale la pena tener en la industria para tener un monitoreo eficiente y adaptable a cualquier proceso para tener un control total y absoluto en él y en los edificios.

Considerando que los altos gastos mensuales en energía eléctrica y combustibles para mantener la funcionalidad de los sistemas críticos y fundamentales de las instalaciones, los sistemas BMS son un recurso clave para el monitoreo y control del inmueble para prevenir derroches, pérdidas y gasto innecesarios, en donde mediante los controles adecuados, se puede realizar un control optimo en ahorro energético.

Actualmente la urbanización va en crecimiento exponencial en todo el mundo, desde América latina, América del norte, occidente y Europa, en donde cada vez los edificios son más altos, más lujosos y comerciales al ser instalados en las grandes ciudades y con alto gasto en energías, mantención y gastos para realizar el funcionamiento de la instalación por lo cual los sistemas BMS dan una repuesta oportuna ante esta problemática el cual se puede controlar, monitorear y supervisar.

En Europa, la normativa europea que impulsa edificios eficientes y descarbonizados para 2050 (EPBD: **Energy Performance of Buildings Directive**) está impulsando por norma que los edificios no residenciales, deben tener sistema BMS para centralización de datos y esto se debe a que la directiva de EPBD busca reducir el consumo energético y emisiones en el sector de la edificación, enfocándose ahora en la monitorización de calidad ambiental interior (IEQ) para poder tener una neutralidad climática para los años 2050.

Una pantalla BMS, abarca el monitoreo de todas las especialidades de sistemas y maquinarias industrial en un edificio, siendo un campo más amplio a pantallas HMI, SCADA o DCS propiamente tal, el cual suelen ser parecidos al ser pantallas que supervisan y monitorean procesos, no obstante los enfoques son distintos, aunque parecidos, un sistema BMS tiene como enfoque el ahorro energético comercial y para lograr lo planteado, trabaja con protocolo abierto para poder comunicar distintos fabricantes entre sí y poder monitorearlos y controlarlos de manera remota, en comparación a un sistema DCS el cual monitorea un proceso crítico en tiempo real en una planta industrial de un proceso crítico. En ambos sistemas se adquieren datos, monitorean y supervisan, no obstante, los enfoques son distintos a pesar de que en las pantallas de monitoreo se ven reflejados los valores de parámetros, valores físicos en animaciones en tiempo real.

Un proyecto de edificación, en el tiempo es para largo plazo, y no solo a nivel nacional, si no que a nivel mundial, en donde cada vez las restricciones y controles del medio ambiente son más frecuentes, controlada y rigurosas para el óptimo funcionamiento en donde al implementar inteligencia artificial se puede lograr un rendimiento mayor con un mejor ahorro en el gasto típico del edificio, en donde el incorporar estas tecnologías para proyectos de largo plazo permite ser escalable en el tiempo al permitir constantes renovaciones repetitivas y además de tener una conexión directa con las tecnologías convergentes en tecnología de la información, tecnología de información y al permitir trabajar con IOT.

### **RECOMENDACION**

Los sistemas típicos de control SCADA y DCS son conocidos a nivel nacional y mundial, no obstante, debido al avance tecnológico en la automatización, hay pantallas en las salas de control que monitorean, supervisan y mandan señales remotas que son distintos a los sistemas mencionados, en donde los software son diseñados con objetivos diferentes, no obstante, muy parecidos y muy fácil de confundir, por lo cual es necesario conocer la fuente, sistema, proceso que se está controlando y monitoreando para trabajar con los nombres adecuados y correctos para trabajar con el resto de especialidad y equipos de forma correcta y optima, ya que en los sistemas industriales complejos y modernos, hay que realizar el análisis de partes mecánicas, electromecánicas, eléctricas, electrónicas y analizar señales de control y comunicación, en donde la ingeniería es compleja y es necesario saber conocer cada parte de la mejor forma posible para tener una óptima respuesta ante fallas y averías para realizar un funcionamiento correcto y continuo en el tiempo con respecto a sus usos y aplicaciones y por qué están diseñados.

Con respecto al gasto anual que genera un hospital, y al ser una industria, suelen estar en la vanguardia con respecto a tecnologías para dar el mayor confort, seguridad y asistencia a usuarios, por lo cual, el rol de ingeniería juega un rol fundamental e importante en el funcionamiento de los centros de salud.

Por otra parte, como ingenieros en control e instrumentación y al trabajar con variables físicas del mundo real en donde se virtualizan y se trabajan para controlar y trabajar, es necesario conocer al máximo con las variables que nos encontramos trabajando en los procesos en todas las áreas correspondientes, en donde el actualizarse en conocimiento es fundamental para saber cómo trabajar con nuevas tecnologías y dar respuesta ante problemas o fallas en los sistemas en donde hay situaciones que se escapan de la situaciones eléctricas y mecánicas típicas y se debe aplicar los conocimientos de instrumentación las cuales trabajan con variables físicas analógicas en el tiempo, con parámetros que van variando constantemente en el tiempo al ser sistemas complejos y críticos y de alto costo monetario en donde vienen de origen externo a nuestro país acompañado de ingeniería compleja.

## **LINKOGRAFIA**

<https://energia.gob.cl/edificacion>

[https://www.dipres.gob.cl/598/articles-355318\\_doc\\_pdf1.pdf](https://www.dipres.gob.cl/598/articles-355318_doc_pdf1.pdf)

<https://energia.gob.cl/ley-y-plan-de-eficiencia-energetica#:~:text=Plan%20Nacional%20de%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica.%20El%202013,m%C3%A1s%20segura%2C%20econ%C3%B3mica%20y%20sustentable%20de%20cubrir>

[https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/publicacion\\_resolucion\\_exenta\\_ndeg16-2021.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/publicacion_resolucion_exenta_ndeg16-2021.pdf)

<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/como-la-innovacion-ha-cambiado-la-construccion-sostenible/>

<https://www.automaticaeinstrumentacion.com/texto-diario/mostrar/5302166/bms-corazon-digital-edificio-inteligente>

<https://integracontrols.com/bas-vs-bms/>

<https://www.vacca.es/como-funciona-un-chiller/>

<https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2015/09/MANUALDEPROCEDIMIENTOSRN10112014.pdf>

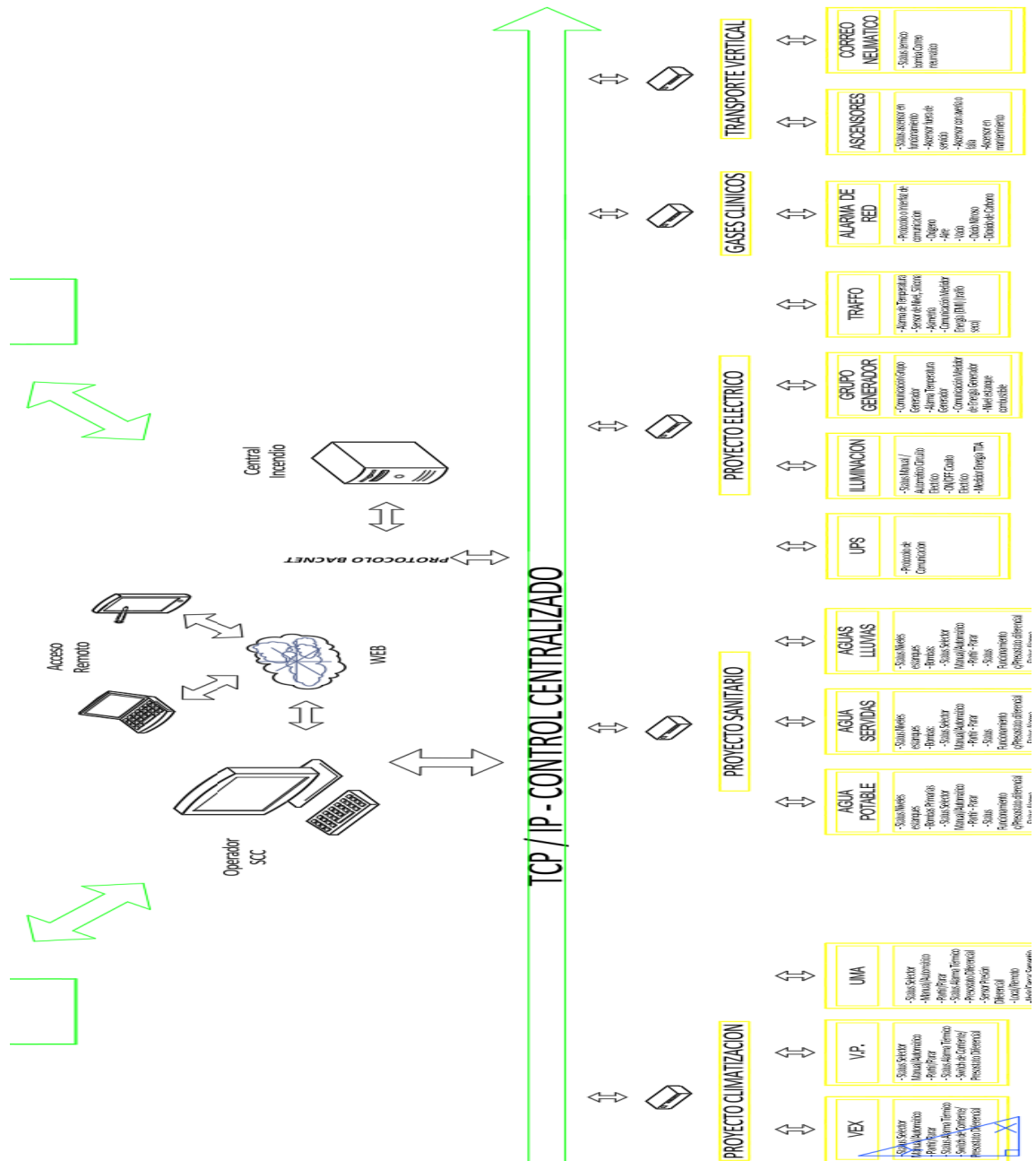
<https://plandeinversionesensalud.minsal.cl/hospital-las-higueras-iii-etapa/>

[https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2024/11/2024\\_Informe-CCU\\_LU.pdf](https://estudiosurbanos.uc.cl/wp-content/uploads/2024/11/2024_Informe-CCU_LU.pdf)

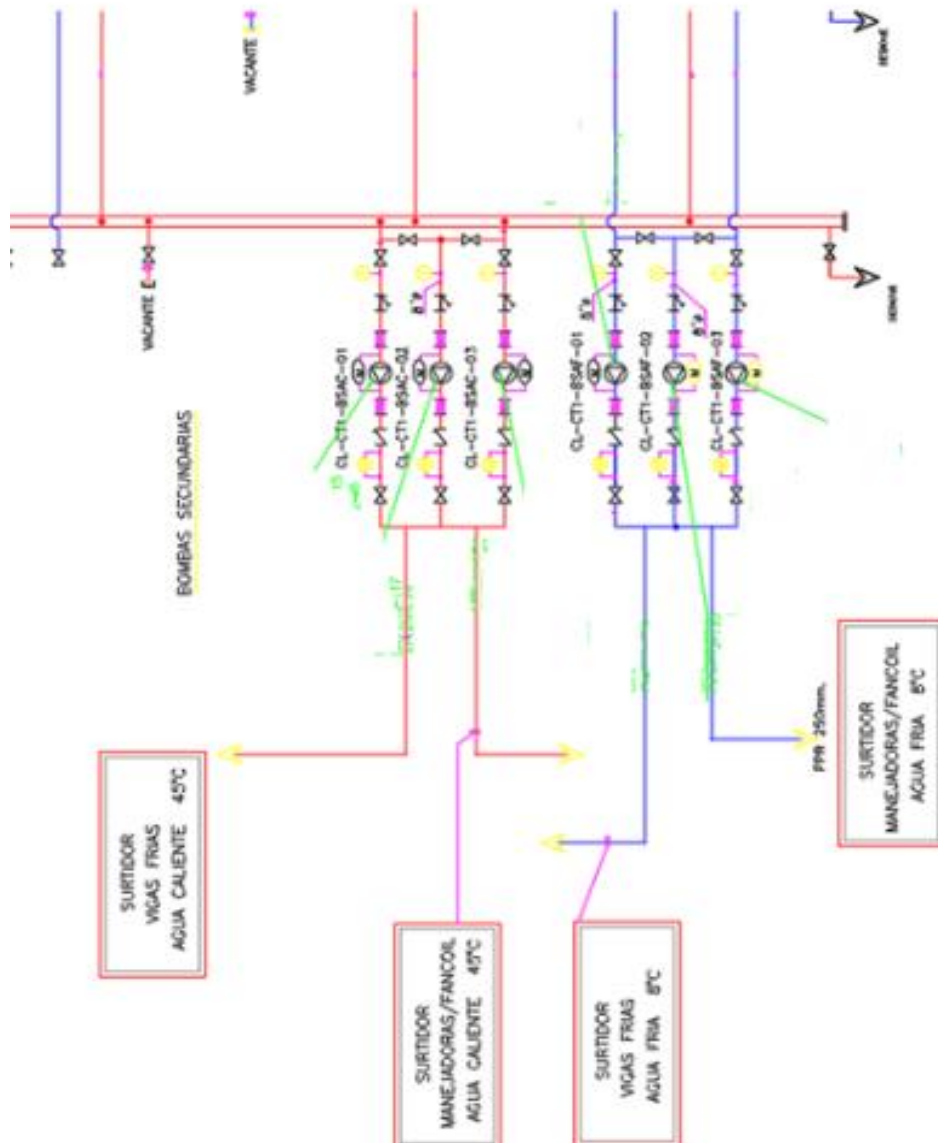
<https://www.distech-controls.com/eclipse-facilities>

## **ANEXO 1**

La arquitectura del sistema BMS del Hospital Las Higueras y la comunicación entre los distintos servicios industriales, con respecto a la centralización de datos para monitoreo, supervisión y control remoto, se adjunta en la siguiente imagen.

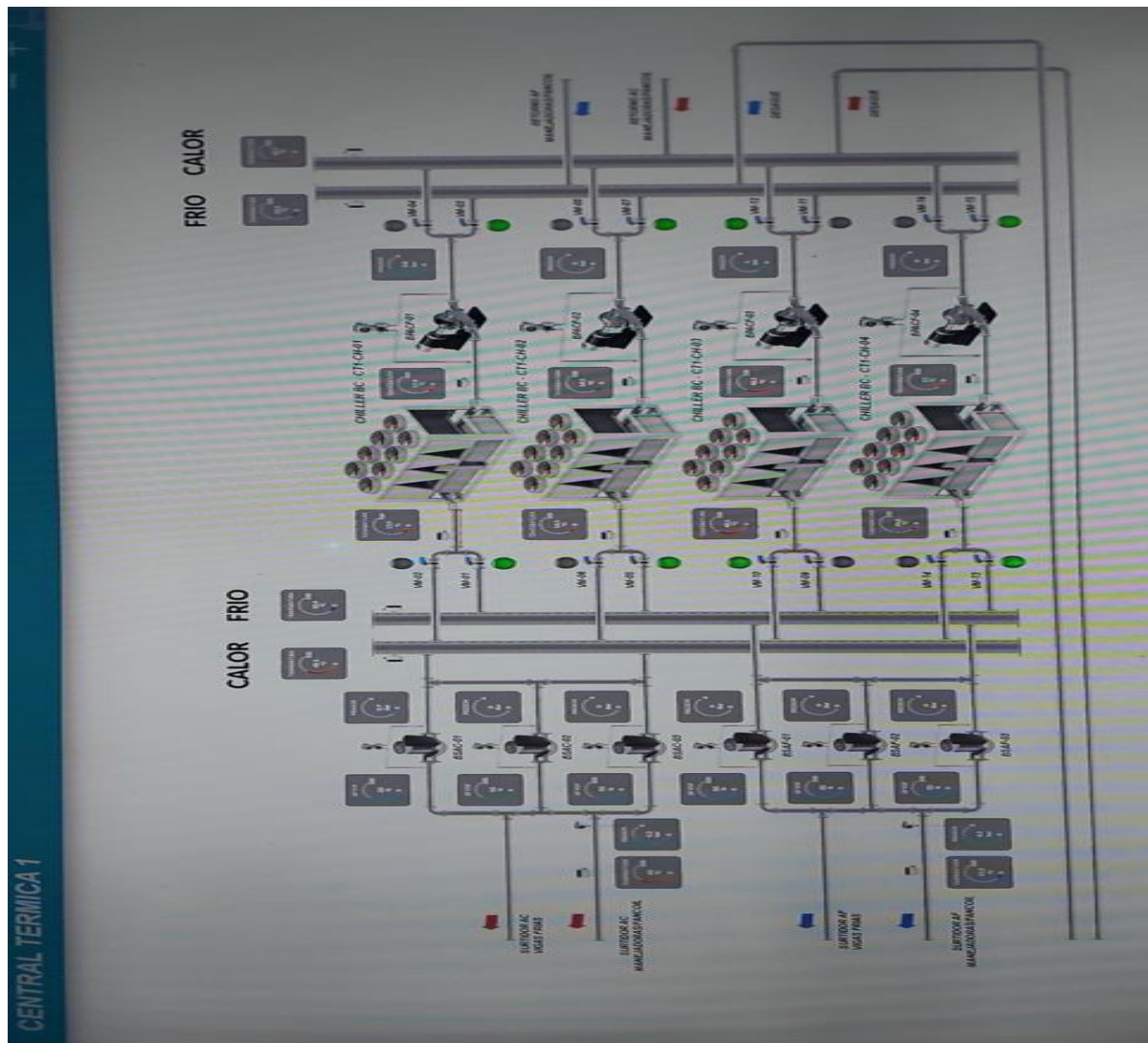


La imagen del plano P&ID, corresponde a **la central térmica 1** en generación de agua caliente y fría, para ser utilizada en sistema de climatización y calefacción. Los parámetros de funcionamiento están definidos desde planificación para su uso correcto.



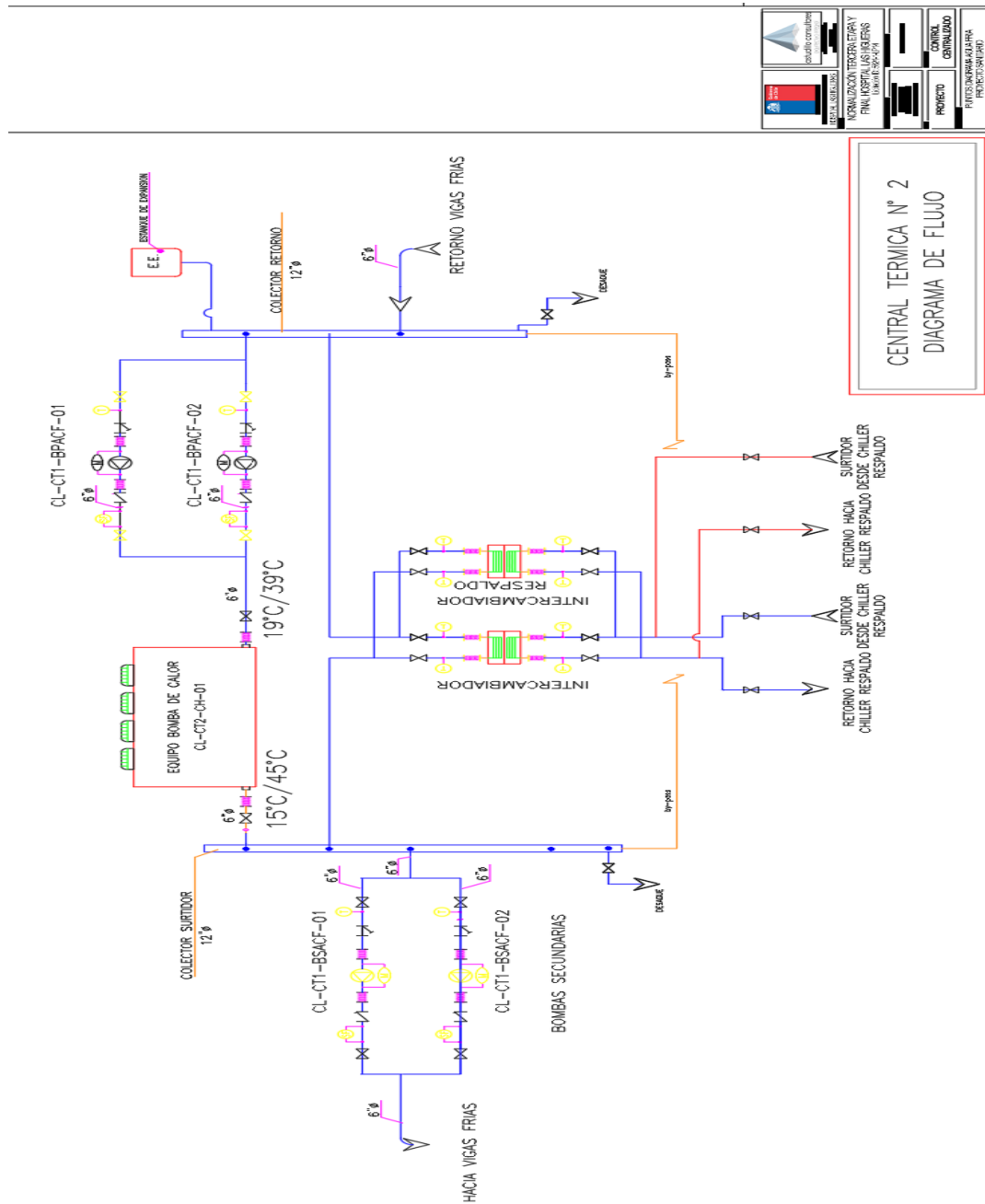
La Central Térmica 1 se compone de bombas principales para impulsar el agua ingresada de manera constante hacia los Chiller's, en donde al terminar el proceso de generación de agua fría y caliente, el agua tratada es ingresada a un surtidor de línea de agua fría y un surtidor en paralelo de agua caliente, en donde mediante las bombas secundarias es impulsada hacia los distintos equipos de climatización y calefacción. Su funcionamiento industrial es de uso constante y periódico.

Si esta planta industrial se encuentra con temperatura baja o fuera de rango establecidos, se producen llamados de todos los edificios involucrados cuestionando el funcionamiento de la central de climatización y calefacción acompañado de quejas y reclamos.



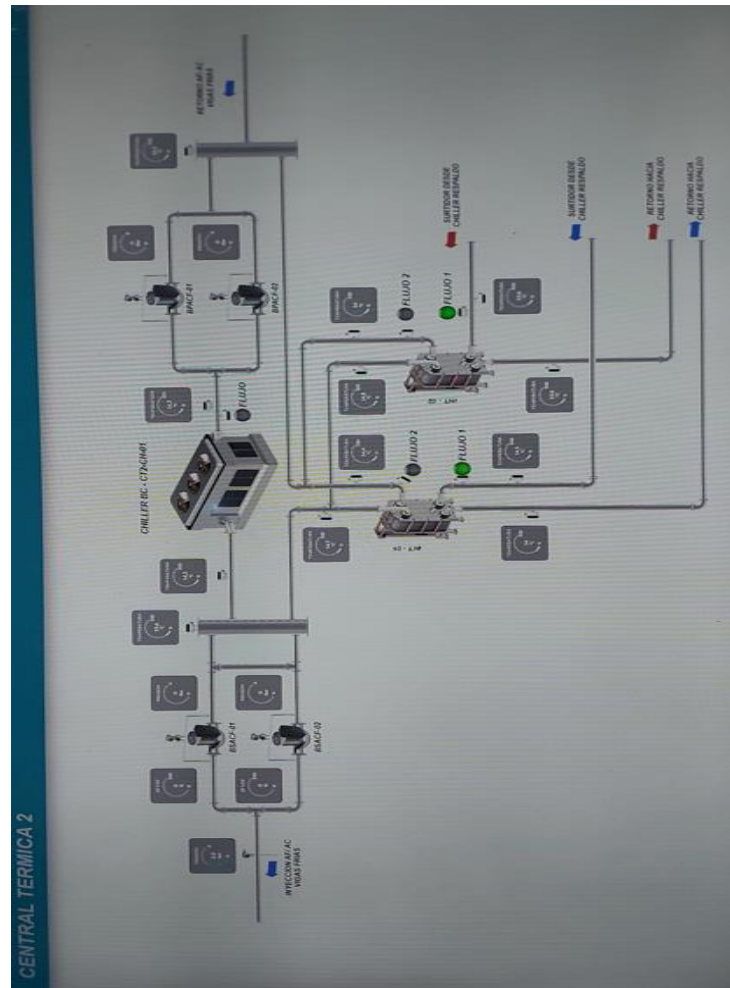
ANEXO 4

La imagen del plano P&ID corresponde a la instalación de **la central térmica 2**, el cual tiene como objetivo producir agua fría para ser utilizada por equipos de climatización, distribuidos por distintas partes del edificio.



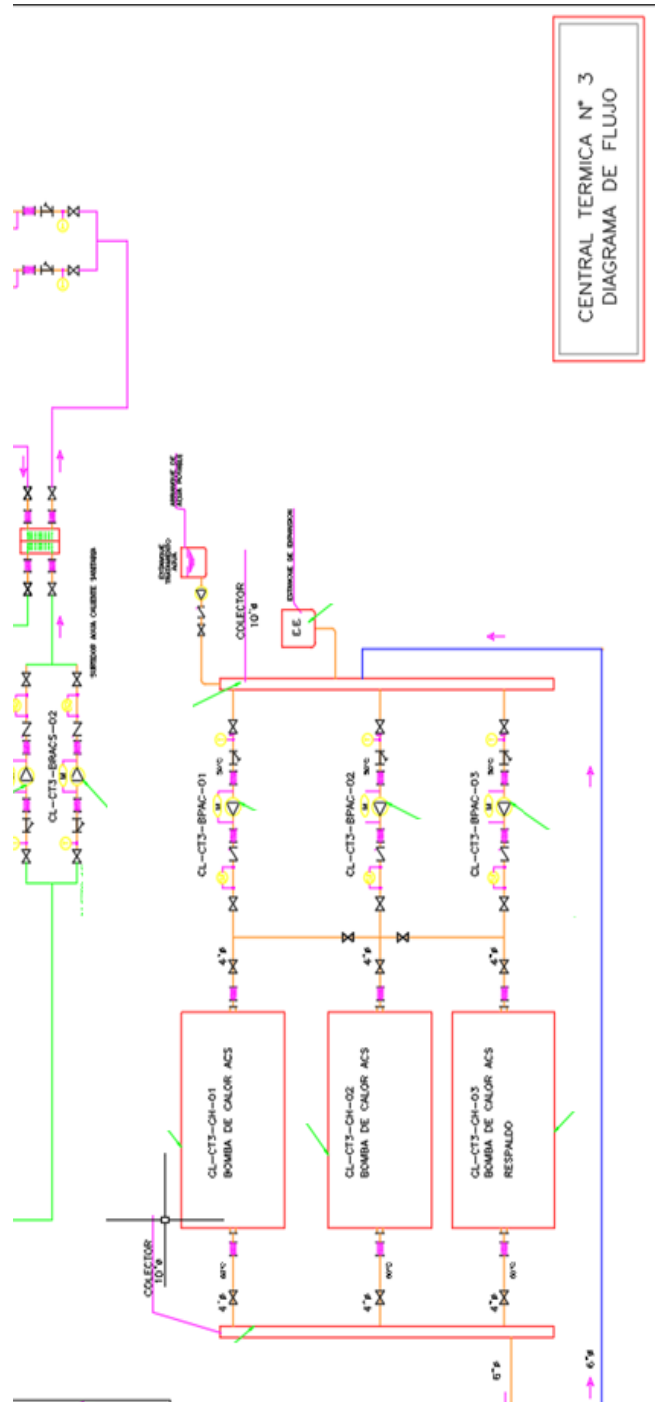
## ANEXO 5

La central térmica 2 tiene como objetivo producir agua fría para ser utilizados por equipos de climatización denominado “vigas frías”, es de funcionamiento constante, periódico y funciona con 1 Chiller. Las bombas primarias y secundarias son para impulsar el agua tratada hacía los edificios con su recirculación correspondiente.



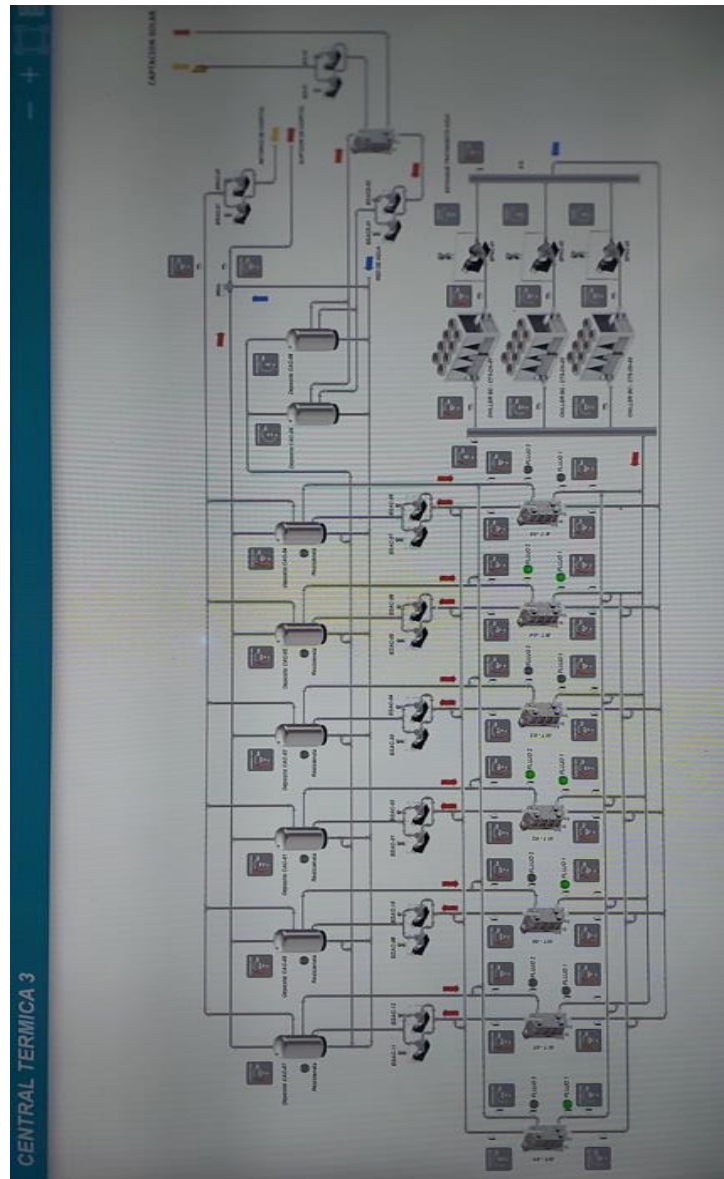
## ANEXO 6

La imagen del plano P&ID corresponde a una sección del plano general de la **central térmica 3**, el cual corresponde a la generación de agua caliente sanitaria mediante Chiller's, bombas, boiler's y sensores.



La planta industrial Central Térmica 3, corresponde a la generación de agua caliente sanitaria, el cual consta de bombas primarias, secundarias, Boiler's y Chiller's.

El agua sanitaria se almacena en los distintos Boiler's en donde mediante las bombas secundarias, el agua calentada es enviada hacia los distintos edificios del hospital para ser utilizadas en baños, duchas y equipos menores que utilizan agua caliente sanitaria.



La página principal de un sistema BMS, permite visualizar de manera gráfica y animada, distintos servicios industriales mediante la interoperabilidad de los sistemas y sus protocolos de comunicación correspondiente, con servicios industriales de distintos fabricantes y aplicaciones industriales, logrando una centralización de datos y sistemas en tiempo real en supervisión remota.



El Hospital Las Higueras, ubicado en la comuna de Talcahuano, Chile, tiene actualmente los edificios UPC, CAAAC, ET, EI, EH5, en donde se incorporarán e integrarán más edificios de la rama Clínica-Hospitalaria finalizada la obra de construcción.



Fuente: Plan de inversiones en Salud.

Acceso a información: <https://plandeinversionesensalud.minsal.cl/hospital-las-higueras-iii-etapa/>

ANEXO 10

PLC ECY-S1000 de Distech Controls serie Ecplyse para realizar BMS y tomar datos de procesos industriales para la automatización y gestión de edificios. Este PLC funciona en automatización y control de sistemas de HVAC y gestión de edificios. Las animaciones graficas de las centrales térmicas 1,2 y 3 se realizan con esta línea de PLC y su función de BMS con los Software correspondientes.

