

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

**FACULTA DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
Y COMUNICACIÓN TIC's**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Trabajo Final de Graduación para optar por el título de Licenciatura de
Ingeniería Electromecánica**

**Elaboración de una guía para uso didáctico en los entrenamientos de los
nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una correcta
implementación del sistema Metasys.**

Autor: Ing. Pablo Javier Trejos Contreras

Heredia, Costa Rica

Fecha: 11 de mayo de 2022

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: Elaboración de una guía para uso didáctico en los entrenamientos de los nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una correcta implementación del sistema Metasys, por el estudiante: Ing. Pablo Javier Trejos Contreras, fue aprobada por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Latina de Costa Rica, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica:



Ing. Andrés Chávez Zamora

Tutor



Ing. Josué Torres Rojas

Lector



Ing. Oscar Jesús Delgado Jiménez

Representante

Heredia, 5 de mayo de 2022

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Elaboración de una guía para uso didáctico en los entrenamientos de los nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una correcta implementación del sistema Metasys, elaborado por el estudiante Ing. Pablo Javier Trejos Contreras puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Andrés Chávez Zamora

Tutor

Heredia, 5 de mayo de 2022

Sres.

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Elaboración de una guía para uso didáctico en los entrenamientos de los nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una correcta implementación del sistema Metasys, elaborado por el estudiante Ing. Pablo Javier Trejos Contreras puedan optar por Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,



Ing. Josué Torres Rojas

Lector

Heredia, 7 de mayo de 2022

Sefiores

Universidad Latina de Costa Rica

Facultad de Ingenierias y Tecnologias de la Informaci6n

Escuela de Ingenieria Electrica y Mecanica

Estimados sefiores:

El estudiante Pablo Javier Trejos Contreras me ha presentado, para efectos de correcci6n de estilo, el proyecto final de graduaci6n denominado: "**Elaboracion de una guia para uso didactico en los entrenamientos de los nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una correcta implementacion del sistema Metasys.**". El cual ha investigado para optar por la licenciatura en Ingenieria Electromecanica

He revisado, de acuerdo con los lineamientos de la correcci6n de estilo, asi como los aspectos de estructura gramatical, acentuaci6n, ortografia, puntuaci6n y los vicios de dicci6n que se trasladan al escrito.

Por consiguiente, doy fe de que este trabajo se encuentra listo para ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente,


Lcda. Maria del Rocío Arce Benavides
Cédula identidad 107730287

Carne 11 310

Declaraci6n Jurada

Yo, Pablo Javier Trejos Contreras estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declare bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy el Autor Intelectual del Proyecto de Graduaci6n , titulado:

Elaboraci6n de una guia para uso didactico en /os entrenamientos de los nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una corrects implementaci6n de/ sistema Metasys

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en case de que mi declaraci6n sea falsa.

Firmo en Guachipelin de Escazu, 9 de mayo de 2022



Ing. Pablo Javier Trejos Contreras

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Pablo Javier Trejos Contreras
De la Carrera / Programa:	Licenciatura en Ingeniería Electromecánica
Modalidad de TFG:	Proyecto de Graduación
Titulado:	Elaboración de una guía para uso didáctico en los entrenamientos de los nuevos ingenieros de Johnson Controls con el fin de una correcta implementación del sistema Metasys

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “AUTOR”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “OBRA”). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “UNIVERSIDAD”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la UNIVERSIDAD, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la OBRA, y el AUTOR, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la UNIVERSIDAD, por lo que el AUTOR haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. OCTAVO: El AUTOR concede a UNIVERSIDAD., el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD. puede, sin cambiar el contenido, traducir la OBRA a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. NOVENO: El AUTOR acepta que UNIVERSIDAD puede conservar más de una copia de este envío de la OBRA por fines de seguridad, respaldo y preservación. El AUTOR declara que el envío de la OBRA es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. DÉCIMO: El AUTOR manifiesta que la OBRA y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la OBRA contiene material del que no posee los derechos de autor, el AUTOR declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a UNIVERSIDAD los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el AUTOR autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la UNIVERSIDAD utiliza la OBRA sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente autorización se extiende el día 11 de mayo de 2022 a las 20:16

Firma del estudiante(s):



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer:

I. A mi madre, que siempre me inculcó la importancia del estudio y la superación, tanto académica como profesional. Quiero agradecerle de todo corazón por ser siempre mi modelo para seguir, y por todo el apoyo que me ha dado.

II. A mi padre, que siempre creyó en mí, y a pesar de las dificultades me apoyó e impulsó a seguir mis sueños.

II. A mi familia, por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado, porque gracias a ella logré concluir mis estudios de licenciatura.

III. Al Ing. Oscar Delgado, Decano de la facultad de Ingeniería Electromecánica, Electrónica y Mecánica de la Universidad Latina de Costa Rica. Porque siempre mostró la mejor disposición de ayudarme durante los dos periodos lectivos de la licenciatura.

IV. A mi profesor guía el Ing. Andres Chávez Zamora, quien me guió durante todo el proceso de la confección del trabajo final de graduación.

V. También, a mi profesor de aires acondicionados el Ing. Josué Torres Rojas, quien además de enseñarme información valiosa que me ha ayudado a desenvolverme mejor como profesional, inculcó en mi un deseo de seguir aprendiendo e investigando. También, por ser el lector del trabajo.

VI. A la facultad de Ingeniería Electromecánica y a la Universidad Latina de Costa Rica por la oportunidad de cursar esta licenciatura, y aprender de profesores de primer nivel.

HOJA DE DEDICATORIAS

I. Quiero dedicar este trabajo final de graduación a mi abuela, la Profa. Claudia María Castro Villegas, quien ha dedicado su vida a la educación de los niños de este país, y que con tanto cariño me enseñó a leer y a escribir, a trabajar por mis sueños, y ayudar a otros a lograr los suyos.

.

EPÍGRAFE

“Llegué a la conclusión de que deberíamos aspirar a incrementar el alcance y la escala de la conciencia humana para comprender mejor qué preguntas hacer. En realidad, lo único que tiene sentido es luchar por una iluminación colectiva”.

Elon Musk

INTRODUCCIÓN O RESUMEN.

El presente trabajo pretende recolectar de forma antológica y presentarla al lector de forma ordenada y concisa, la información técnica necesaria para obtener las bases fundamentales para llevar a cabo las labores de ingeniero de diseño para Johnson Controls. La información se tomará de la misma empresa y de varias fuentes académicas y confiables.

Un ingeniero de diseño es responsable de crear sistemas de control utilizando los productos de Johnson Controls, y estos conforman un sistema llamado Metasys. Este sistema es conocido como un BAS, un sistema de automatización de edificios, específicamente en el área de HVAC, aires acondicionados, ventilación y calefacción. Se empezará por lo más básico, refrescando los temas vistos en la universidad sobre controladores y demás, con el fin de enseñar conceptos nuevos, ya que los ingenieros de diseño provienen de diferentes ramas de la ingeniería.

Se explicará el funcionamiento básico mecánico de cada uno de los equipos de HVAC en edificios, para así poder explicar los controles necesarios para que sean integrados al BAS. Es importante saber que los ingenieros de diseño de Johnson Controls tienen acceso a una plataforma llamada *Solution Navigator*, para armar los sistemas de control y crear los estimados para los clientes. No se profundizará en el uso de esta herramienta, pero se mencionará varias veces en el presente trabajo de investigación.

La idea de documentar la información descrita es crear una guía para que funcione como herramienta didáctica y de referencia, para así acortar el tiempo necesario de entrenamiento de los ingenieros de diseño de Johnson Controls. De esta manera se aumentará la eficiencia de estos, y se reducirán los costos de entrenamiento.

También se pretende que se utilice como guía para los ingenieros que estén impartiendo los entrenamientos, con el fin de estandarizar los temas vistos, y definir el orden en que serán presentados a los nuevos ingenieros. Con esto, se procura lograr un conocimiento básico más uniforme en los nuevos ingenieros, y de esta forma, ver resultados positivos y consistentes en todo el departamento de Controles de edificaciones de Johnson Controls.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	19
I. Problema y Propósito	19
1.2. Causas	20
1.3. Pronóstico	20
1.4. Control al Pronóstico.....	21
1.5. Formulación del Problema.....	22
1.6. Sistematización del Problema	22
1.7. Objetivo General.....	23
1.8. Objetivos Específicos	23
1.9. Estado Actual de la Investigación.....	24
1.10. Metodológica	24
II. Marco Teórico.....	27
2.1. Marco Situacional.....	27
2.2. Antecedentes Históricos de la Empresa	28
2.3. Misión de la Empresa	29
2.4. Visión de la Empresa	29
2.5. Ubicación Espacial.....	29
2.6. Organigrama COE Costa Rica	30
2.7. Marco Teórico o Conceptual del Objeto de Estudio.....	31
2.7.1 CFM	31
2.7.2 <i>Switch</i>	31
2.7.3 Sensor	31
2.7.4 Controlador de Campo.....	32
2.7.5 Controlador Supervisor.....	32
2.7.6 Cableado de control	32
2.7.7 <i>Network</i>.....	33
2.7.8 Protocolo de Comunicación.....	33
2.7.9 Válvula de Control.....	33
2.7.10 Detector de Humo	34
2.7.11 <i>Airflow Measuring Station</i>	34

2.8. Hipótesis.....	36
2.9. Limitaciones.....	37
2.10. Alcances	37
CAPÍTULO III.....	39
III. DESARROLLO.....	39
3.1. METASYS	39
3.1.1 ¿Qué es un BMS?	39
3.1.2. ¿Qué es Metasys?	40
3.1.3. Arquitectura de Metasys	40
3.1.4. Protocolos de Comunicación	41
3.1.5. Servidores Metasys	42
3.1.6. Controladores Supervisores SNE	44
3.1.7. Señales Analógicas/Binarias.....	48
3.1.8. Controladores de Campo y Sus Accesorios	50
3.1.9. UL UUKL 864 (Control y Extracción de Humo).....	56
3.2. Sensores, Switches, Actuadores y Relés	58
3.2.1 Sensores y Switches.....	58
3.2.2. Actuadores para Dampers.....	61
3.2.3. Relés	64
3.3. Válvulas de control.....	65
3.3.1. Introducción a las Válvulas de Control.....	65
3.3.2. Pasos Generales para la Selección de Válvulas.....	67
3.3.3. Requisitos Importantes para la Selección de Válvulas	68
3.3.4. Criterio de selección de válvulas en situaciones donde no se tienen toda la información necesaria.....	71
3.3.5. Selección de válvula de <i>Bypass</i> de flujo mínimo de Chiller o Boiler	72
3.6. Plantas de Agua.....	73
3.6.1 Plantas de Agua Fría.....	73
3.6.2. Plantas de Agua Caliente.....	76
3.7. Unidad Manejadora de Aire o “AHU”.....	78
3.8. Unidades Terminales o <i>Terminal Units</i>	82
3.8.1. Variable Air Volume Unit (VAV).....	82
3.8.2. Unit Heater	83

3.8.3. Fan Coil Unit (FCU)	84
3.8.4. Hot Water Convector	85
3.8.5. Variable Refrigerant Flow (VRF)	86
3.8.6. Split Air Conditioning Unit	87
3.9. Exhaust Fans (Ventiladores de Extracción)	87
3.10. Sistemas Misceláneos o Miscellaneous Systems	88
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	96
GLOSARIO	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Lista de Sensores y Switches de Aire	58
Tabla 2: Sensores de Tubería	61
Tabla 3: Nomenclatura de Actuadores	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Warren Johnson	28
Ilustración 2: Patente del Primer Termostato.....	28
Ilustración 3: Ubicación COE Johnson Controls Costa Rica	29
Ilustración 4: Organigrama I.....	30
Ilustración 5:Organigrama II.....	30
Ilustración 6: Organigrama III.....	30
Ilustración 7: Switch de Presión Diferencial.....	31
Ilustración 8: Controlador de Campo.....	32
Ilustración 9: Cableado de Control.....	32
Ilustración 10: Network.....	33
Ilustración 11: Válvula de Control.....	33
Ilustración 12: Airflow Measuring Station de Ducto	34
Ilustración 13: Open Blue.....	36
Ilustración 14: Arquitectura Metasys.....	41
Ilustración 15: Turnkey	43
Ilustración 16: Configuración Daisy Chain.....	44
Ilustración 17: Criterio de Selección de los SNE.....	45
Ilustración 18: SNE 22000	48
Ilustración 19: Gráfica de Señal Analógica.....	49
Ilustración 20: Gráfica de señal Binaria.....	50
Ilustración 21:Características Técnicas de la Familia de Controladores FEC	51
Ilustración 22: Familia CG/CV.....	52
Ilustración 23:Características de los controladores CG/CV	53
Ilustración 24: Módulos de Expansión XPM.....	54
Ilustración 25:Características de los Módulos de Expansión XPM.....	54
Ilustración 26: Controlador TEC en Blanco y Negro	55
Ilustración 27: Ejemplo Sistema UUKL 864	56
Ilustración 28: Controlador FEC para Integrar FSCS.....	57
Ilustración 29: Presión Estática de Ducto.....	60
Ilustración 30: Actuador Serie M9220	63
Ilustración 31: Actuador Serie M9208	63
Ilustración 32: Relé Tipo Command RR10NN.....	65
Ilustración 33: Válvula de Bola.....	66
Ilustración 34: Válvula Mariposa.....	66
Ilustración 35: Información en Planos Sobre Bombas	69
Ilustración 36: Ingreso de Datos Solution Navigator	69
Ilustración 37: Cuadro Informativo de la Válvula de Solution Navigator.....	69
Ilustración 38: Cuadro Informativo de Cv de Solution Navigator	70
Ilustración 39: Authority Dentro del Rango	70
Ilustración 40: Selección de Configuración de Válvula en Solution Navigator.....	72
Ilustración 41: Ejemplo Diagrama de Control	73
Ilustración 42: Torre de Enfriamiento	74

Ilustración 43: Diagrama de Control Torre de Enfriamiento.....	75
Ilustración 44: Diagrama de Control de Chiller	75
Ilustración 45: Diagrama de Control de Bomba de Agua	76
Ilustración 46: Diagrama de Control Planta de Agua Caliente	77
Ilustración 47: Diagrama de Control AHU	79
Ilustración 48: Diagrama de Control Agrandado	79
Ilustración 49: Continuación de Diagrama de Control Agrandado	80
Ilustración 50: Diagrama de Control de una VAV.....	83
Ilustración 51: Diagrama de Control de Unit Heater.....	84
Ilustración 52: Diagrama de control de un FCU	85
Ilustración 53: Diagrama de Control de Hot Water Convvector	86
Ilustración 54: Diagrama de Control de un Ventilador de Extracción.....	87
Ilustración 55: Diagrama de Control de Ventilador con Switch	88
Ilustración 56: Ejemplo de Puntos Misceláneos a Monitorear	89

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

I. Problema y Propósito

1.1. Síntoma

En Costa Rica Johnson Controls abrió un centro de excelencia especializado en servicio al cliente llamado el Costa Rica *Center of Excellence* (COE). Los ingenieros contratados tienen como principal tarea dar soporte técnico a los clientes, que en este caso no son los dueños de los proyectos, sino los ingenieros de ventas en las diferentes ramas en varios estados de los Estados Unidos, y en varias provincias en Canadá. También se ven algunos proyectos en América Latina, pero son pocos. La idea de este centro de excelencia es reducir el tiempo que los ingenieros de ventas dedican a crear el estimado de controles, y aumentar el tiempo que ellos dedican a tratar de ganar licitaciones y conseguir más clientes.

Con el fin de preparar a los ingenieros en Costa Rica, para que puedan hacer el trabajo correctamente, se dedica un mes entero a entrenamiento general denominado *Onboarding*. En este tiempo, se les paga un salario completo a los ingenieros, y no se les solicita hacer ningún trabajo. A los ingenieros se les enseña la teoría del funcionamiento mecánico de cada equipo de HVAC, por sus siglas en inglés es *Heating, Ventilation and Air Conditioning*, en español significa calefacción, ventilación y aire acondicionado. Luego se les enseña cómo se pueden automatizar estos equipos, al seleccionar los controles más comunes, y luego se les enseña que productos fabricados por Johnson Controls son utilizados para esta automatización. Esta información se da a los ingenieros mediante clases en línea, y se les indica las fuentes y plataforma en donde pueden encontrar información técnica adicional para seguir su entrenamiento por sí mismos.

La cantidad de información necesaria para que los ingenieros puedan hacer un diseño de control y un estimado correcto es mucha y no existe material didáctico formal dado por parte de la compañía para poder aprender y tener como referencia. Por esta razón, los ingenieros de diseño dedican mucho tiempo a la investigación sobre la utilización de los productos de Johnson Controls, y esto afecta la eficiencia. La curva de aprendizaje es muy larga y toma mucho tiempo realmente interiorizar los conceptos para poder hacer un estimado práctico y correcto que satisfaga las

necesidades de los ingenieros de ventas para poder ganar las licitaciones. Esto causa que se tarde un estimado de seis meses para que los ingenieros empiecen a mostrar resultados aceptables y medianamente consistentes.

1.2. Causas

Como se mencionó anteriormente, Johnson Controls no cuenta con material didáctico oficial, que pueda ser utilizado como referencia. Solo existe material técnico que para un principiante es en muchos casos difícil de analizar y de entender. Esta es la principal causa de que la curva de aprendizaje sea tan larga, porque es difícil para los ingenieros tratar de retener tanta información impartida en el *onboarding*, y aplicarla en proyectos reales.

Otra causa de que se de este fenómeno es que muchas veces existe libertad de diseño y no hay una sola respuesta correcta para crear un sistema de control, pero otras veces sí existe solo una manera de tratar con ciertos equipos y estas preferencias de diseño de Johnson Controls son muchas. Estos casos especiales son bastantes y no existe ninguna documentación formal que pueda ser utilizada como referencia para tomar en cuenta estas preferencias de diseño e implementarlas en los proyectos. Otras veces, los ingenieros de ventas simplemente tienen ciertas preferencias de cómo crear los sistemas de control, y no existen documentaciones que recopilen las preferencias más comunes de los ingenieros de ventas, para así tratar de satisfacer en la mayor parte a los clientes.

1.3. Pronóstico

La insatisfacción por parte de los ingenieros de venta lleva a una baja calificación de los ingenieros de diseño en Costa Rica, esto causa frustración en ellos, y disminuye su moral. Esto lleva a que los ingenieros del COE presenten problemas en su rendimiento, y les sea difícil obtener y mantener resultados positivos, correctos y consistentes en el tiempo. Esto por ende lleva a elevados costos de entrenamiento y malos resultados con bajos rendimientos. Es el análogo de una bola de nieve que se va haciendo cada vez más grande y es difícil de parar.

Lo anterior, podría llevar a renunciaciones por parte de los ingenieros de diseño, a despidos de estos por no poder traer resultados positivos al COE a lo largo del tiempo. Sin duda alguna, lo anterior causa que Johnson Controls gaste más en entrenamientos, porque luego del mes de *onboarding* se necesita que sigan los entrenamientos a los ingenieros que tienen bajo rendimiento. Esto se traduce en tiempo en que los ingenieros no están siendo productivos porque tienen que dedicar tiempo a aprender.

Cada vez son más los ingenieros que entrenar y menos los ingenieros con los conocimientos para impartir los *onboardings*, ya que Johnson Controls está creciendo cada vez más, y los ingenieros más experimentados se van a otras compañías. Por ende, cada vez cuesta más que los nuevos ingenieros lleguen al nivel de los más experimentados. Esto podría llevar al eventual cierre del COE en Costa Rica, si los ejecutivos de la sede central ven que el costo de mantener abierto este centro excede el beneficio a los ingenieros de ventas, y por ende a la compañía.

1.4. Control al Pronóstico

Es necesario identificar la manera más efectiva de enseñarle a los ingenieros de diseño del COE en Costa Rica, cómo abordar los problemas de diseño más comunes en el desarrollo de sistemas de control para los proyectos de Johnson Controls, ya que la manera actual no está dando buenos resultados.

Para llegar a tener buenos resultados es necesario crear bases sólidas de conocimiento en los ingenieros de diseño, con el fin de que posean las herramientas necesarias para que estos puedan crear buenos diseños y estimados. Es necesario que los ingenieros tengan material didáctico de referencia, debidamente organizado y con la información básica necesaria para rápidamente solucionar problemas de diseño. También es importante enseñarles a los ingenieros cómo solucionar los diferentes tipos de problemas de diseño que puedan encontrar, o dónde específicamente encontrar el material para obtener la información necesaria. Es necesario también enseñarles cómo leer especificaciones técnicas de una manera rápida, y aprender a discernir cuál material vale la pena leer y cuál no. También es importante que los ingenieros sepan específicamente que información buscar y que deben tener claro a la hora de empezar un diseño,

para poder evacuar las dudas que tengan con relación a esta información, ya sea con material didáctico, preguntándole a los ingenieros más experimentados o directamente a los ingenieros de venta.

1.5. Formulación del Problema

El principal problema del COE en Costa Rica es que no existe una guía que resuma de manera concisa y ordenada los conceptos básicos que todo ingeniero de diseño de Johnson Controls debe manejar efectivamente para poder hacer estimados y diseños correctos. Entonces, los ingenieros tienen que buscar por sí mismos, información que es difícil de obtener, con el fin de realizar bien el trabajo solicitado, y esto se traduce en costos extra para la compañía, ya que se gasta tiempo en diseñar y presupuestar la búsqueda de información.

Lo ideal es que después de un mes de entrenamiento y de trabajo, se pueda llegar a resultados consistentes, pero actualmente se está tardando aproximadamente seis meses en obtener resultados medianamente aceptables y consistentes. Los líderes técnicos y los de equipo no están pudiendo reducir los costos de entrenamiento, y cada vez más se disminuye la cantidad de ingenieros capacitados para transmitir los conocimientos necesarios, con el propósito de diseñar correctamente con los productos de Johnson Controls.

El principal indicador de rendimiento en Johnson Controls es el porcentaje de casos en los que no fue necesario una corrección significativa, en el estimado o diseño de los sistemas de control. Lo ideal es que este porcentaje estuviera por encima del noventa por ciento, pero muy pocos ingenieros logran obtener este número.

1.6. Sistematización del Problema

Para resolver el problema descrito en la sección anterior, se pretende con este trabajo de investigación crear una guía que sirva de guía y de referencia a los nuevos ingenieros de Johnson

Controls. En esta guía se presentarán y se enseñará de forma organizada y sistematizada, los diferentes conceptos que son esenciales para un ingeniero de diseño de sistemas de control. Se empezará desde los conceptos más básicos, que muchos ingenieros ya habrán visto en la universidad, pero servirán de repaso. Esto se hará para poder progresivamente presentar conceptos más complicados y construir sobre los conceptos ya presentados en la guía. También se presentará un glosario en donde se mostrarán los términos más comunes y utilizados en la compañía por los ingenieros, para poder encontrar rápidamente la respuesta a la definición de algún término. Esta guía les permitirá a los nuevos ingenieros reducir el tiempo de entrenamiento, y también a reducir la cantidad de preguntas para los ingenieros más experimentados. Esto va a incrementar la productividad tanto de los nuevos ingenieros como de los ingenieros más experimentados.

1.7. Objetivo General

Crear una guía para ser utilizada como material didáctico en los *onboardings* (entrenamientos) de Johnson Controls, que explique de manera concisa y organizada, los temas necesarios para poder implementar el sistema Metasys. Esta guía será confeccionada, recopilando información técnica de fuentes internas de Johnson Controls, así como fuentes externas académicas y confiables.

1.8. Objetivos Específicos

1. Especificar en que consiste un BAS (Building Automation System), o sistema de automatización de edificios, especialmente el sistema Metasys de Johnson Controls.
2. Determinar cuáles son los criterios de selección de los diferentes controladores que se utilizan en el sistema Metasys.
3. Establecer cuáles son los sensores y dispositivos de control más comunes, utilizados en el sistema Metasys
4. Describir los dispositivos de control que necesita que cada uno de los equipos electromecánicos más comunes que controla el sistema Metasys
5. Exponer recomendaciones de diseño y selección de dispositivos de control.

1.9. Estado Actual de la Investigación

El presente trabajo de investigación pretende presentar de manera gradual los temas necesarios para poder entender el sistema Metasys, y poder realizar diseños con este. Para lograr tener un manejo básico de Metasys, es necesario entender también el funcionamiento electromecánico de los equipos que controla, por lo que también se incluirá en los temas a presentar al lector.

Es importante realizar un repaso de algunos temas básicos para poder entender este trabajo, por lo que se incluirá una breve introducción de cada uno de los temas necesarios, por ejemplo, un repaso de entradas y salidas analógicas y digitales, y el uso de los dispositivos de control que emiten o reciben estas señales. También es importante entender el uso de cada uno de los diferentes tipos de controladores de Metasys, para poder hacer la selección correcta en los diseños. Se presentarán diferentes diagramas de control, para mostrar qué es lo que se podría esperar de un proyecto en la realidad, para así familiarizar a los ingenieros los planos que verán en sus proyectos futuros. Al analizar estos diagramas de control, se considerará cuáles controladores serán utilizados, y cuáles son los dispositivos de control más comunes para dichos equipos, y también se mencionará el cableado de control necesario para estos.

1.10. Metodológica

El sistema Metasys y los dispositivos de control asociados a este sistema, son propios de Johnson Controls, por lo que es necesario utilizar la información técnica en la plataforma llamada “OpenBlue, Building Automation and Controls Knowledge Exchange”. Esta es una base de datos de información técnica en la que se puede buscar con el buscador integrado, los temas necesarios para esta investigación. La definición de ciertos términos y la teoría del funcionamiento de los equipos electromecánicos podrá provenir de diferentes fuentes académicas, de la industria de automatización de edificios, entre otras fuentes confiables.

CAPÍTULO II

II. Marco Teórico

2.1. Marco Situacional

Muchos edificios en Estados Unidos requieren de un sistema de control que vigile sus equipos electromecánicos, y en varios casos, que se regule también el consumo energético del edificio. Esto se debe a que los cambios de temperatura y humedad, entre otros, se producen drásticamente de estación a estación, y es importante poder garantizar un ambiente cómodo para las personas que habitan esos edificios, ya sea, para fines comerciales, escuelas, universidades u hospitales. Johnson Controls es uno de los proveedores de controles para edificios más importante en Estados Unidos y se ha extendido a otros países como Canadá, el Reino Unido y algunos otros de América Latina. El sistema Metasys puede monitorear y controlar diferentes aspectos del edificio según las necesidades del cliente, se puede customizar bastante, y por esta razón es necesario tener un buen manejo de los conceptos presentados en esta guía. Metasys es un sistema muy versátil que puede proporcionar diferentes soluciones para un mismo problema de diseño, la opción correcta se reduce a moldear dicho sistema al cliente, y al mismo tiempo reducir los costos. Esto se puede lograr haciendo una correcta selección de los controladores y los dispositivos de control.

Los ingenieros de diseño contratados por Johnson Controls pueden ser de varias ramas afines, por ejemplo, ingenieros mecatrónicos, electrónicos, eléctricos, mecánicos y electromecánicos. Las bases necesarias para el manejo de Metasys es afín a cada una de estas carreras, sin embargo, ninguna de estas ingenierías cubre todos los temas necesarios para entender por completo el sistema. Por lo que la necesidad de material didáctico para cubrir los temas necesarios para entender el sistema es la problemática que dio como resultado el presente trabajo de graduación.

Johnson Controls tiene centros de excelencia en Costa Rica, la India y Eslovaquia, que hacen los diseños de los sistemas de control utilizando Metasys para todos los proyectos alrededor del mundo. Actualmente el COE de Costa Rica es el más grande con cerca de 600 empleados. El centro de operaciones a nivel mundial se encuentra en Irlanda, y en Estados Unidos la sede central está en Milwaukee Wisconsin.

2.2. Antecedentes Históricos de la Empresa

Warren Johnson fue el fundador de Johnson Controls, un profesor universitario de la universidad “State Normal School” en Whitewater Wisconsin. Él también fue inventor, y le tomó tres años diseñar y crear un prototipo de un dispositivo de control que pudiera regular la temperatura de un cuarto. Este dispositivo fue patentado en 1883, y fue el primer termostato del mundo. Funcionaba por medio una espiral hecha de dos metales, estos metales tenían diferentes coeficientes de dilatación, y al haber cambios de temperatura en el cuarto este diferencial de dilatación causaba que la espiral se abriera o se cerrara. Esto causaba que se abriera o se cerrara un damper que permitía o impedía el paso de aire caliente a la habitación. Este invento fue el inicio de Johnson Controls, y desde entonces la compañía ha ido modernizando y modificando su tecnología, según las demandas del mercado. (Johnson Controls, s. f.)



Ilustración 1: Warren Johnson

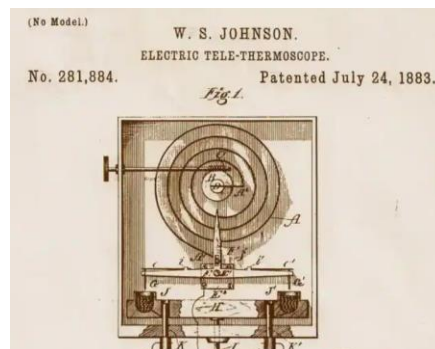


Ilustración 2: Patente del Primer Termostato

Fuente de imágenes: (Johnson Controls, s.f)

2.3. Misión de la Empresa

Desde 1885, Johnson Controls ha trabajado para hacer los edificios más inteligentes, y desde entonces han crecido sus capacidades, profundidad de experiencia de innovación y rango global. Hoy ofrece el portafolio más grande de productos, tecnología, software y servicios para la automatización de edificios. Este portafolio ha puesto en marcha la transformación de los ambientes donde la gente trabaja, vive, aprende y juega. (Johnson Controls, s.f)

2.4. Visión de la Empresa

Los edificios tienen un propósito, ya sean lugares de trabajo, lugares de aprendizaje o centros médicos. Johnson Controls ayuda a que estos lugares operen de la mejor manera, a través de soluciones digitales para hacer los edificios más inteligentes. Un edificio inteligente es más seguro, cómodo, eficiente y sostenible, y ayudan a sus ocupantes a enfocarse en su misión específica. Esto favorece a la gente que habita los edificios y al planeta. (Johnson Controls, s.f)

2.5. Ubicación Espacial

Parque Empresarial Fórum Torre C Piso 1º Oficina Regus Center-Call Center, San José, San José
· ~3,6 km (Google maps, 2022)



Ilustración 3: Ubicación COE Johnson Controls Costa Rica

Fuente: (Google maps, 2022)

2.6. Organigrama COE Costa Rica

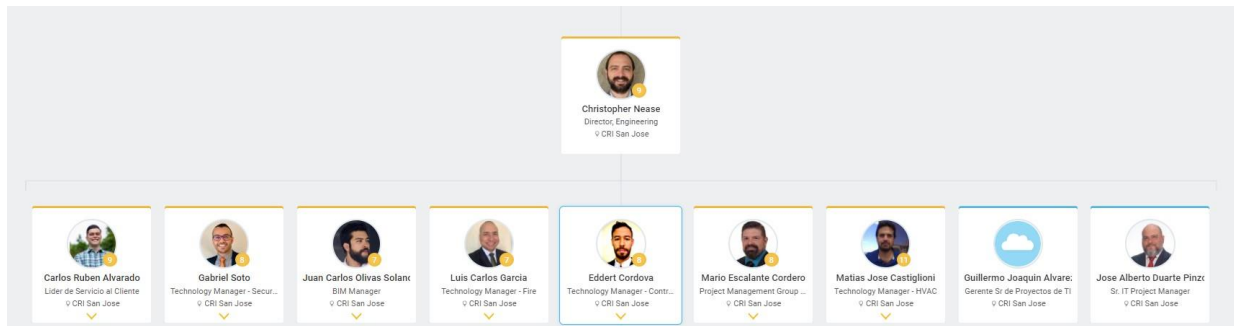


Ilustración 4: Organigrama I

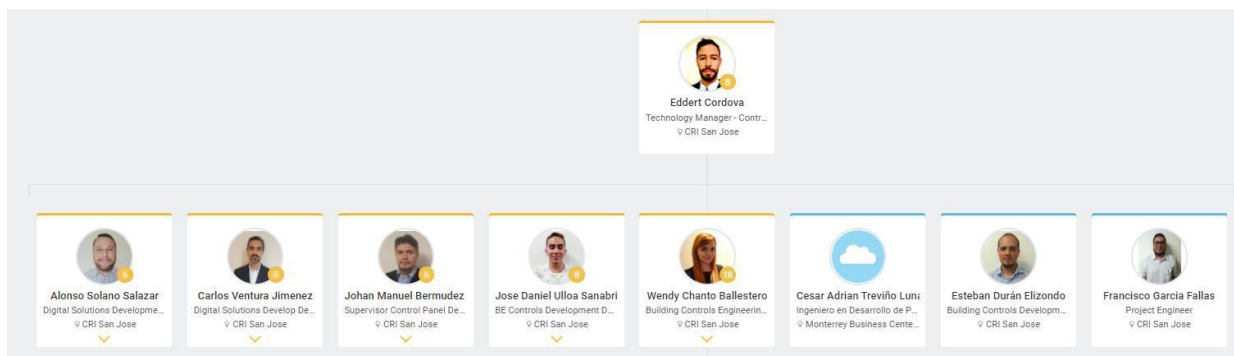


Ilustración 5: Organigrama II

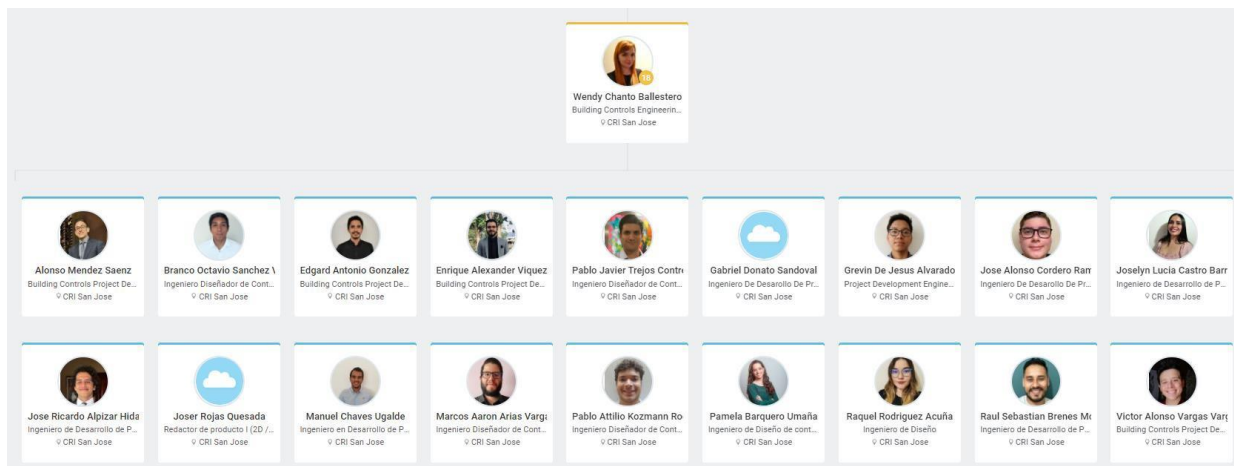


Ilustración 6: Organigrama III

La fuente de estos organigramas es la plataforma Workday, a la que tiene acceso solo los empleados de Johnson Controls.

2.7. Marco Teórico o Conceptual del Objeto de Estudio

A continuación, se presentarán una serie de definiciones importantes para entender de manera más completa el siguiente trabajo de investigación.

2.7.1 CFM

Los CFM es una medida de caudal, que se refiere a la cantidad de pies cúbicos de fluido que fluyen cada minuto. Por ejemplo 5 CFM de aire en un ducto, significa que cada minuto pasan cinco pies cúbicos de aire por ese ducto.

2.7.2 Switch

Un switch, en este caso, se refiere a un dispositivo electrónico que, ante un fenómeno físico, emite una señal digital para hacer constar al controlador, que dicho fenómeno está presente. Por ejemplo, un *switch* de presión diferencial, que es un dispositivo que, al detectar una cierta diferencia de presión, emite una señal digital como alarma.



Ilustración 7: Switch de Presión Diferencial

Fuente: (Shop Transmitter, s. f.)

2.7.3 Sensor

Un sensor es un dispositivo electrónico que, ante un fenómeno físico, emite una señal analógica proporcional a dicho fenómeno.

2.7.4 Controlador de Campo

Un controlador de campo, en este caso, es una computadora, que recibe entradas digitales y analógicas, y después de procesar estas señales, emite señales digitales y analógicas de salida como respuesta a las entradas.



Ilustración 8: Controlador de Campo

Fuente: (BROUDY PRECISION, s. f.)

2.7.5 Controlador Supervisor

Un controlador supervisor, es un aparato que recibe información de los controladores de campo y la almacena por un tiempo. Esta información puede ser enviada a un servidor si se necesita monitorear el funcionamiento del sistema Metasys, o se puede borrar cada cierto tiempo. El controlador supervisor también es responsable de vigilar la operación de los controladores de campo.

2.7.6 Cableado de control

Un cableado de control es cableado eléctrico que se extiende desde un sensor hasta el controlador. También puede ser el cableado utilizado para monitorear un punto de contacto de algún equipo que emita una señal digital o analógica.

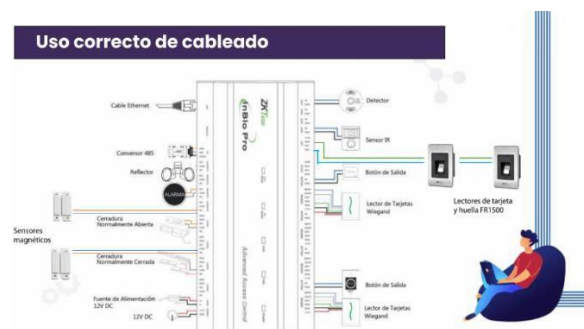


Ilustración 9: Cableado de Control

Fuente: (Integra Academy, s. f.)

2.7.7 Network

El *network*, en este caso, se refiere a una red formada por uno o varios servidores que se comunican con uno o más controladores supervisores y de campo. En esta red también hay interfaces de usuario, que pueden ser laptops, PC, o dispositivos móviles, por ejemplo.

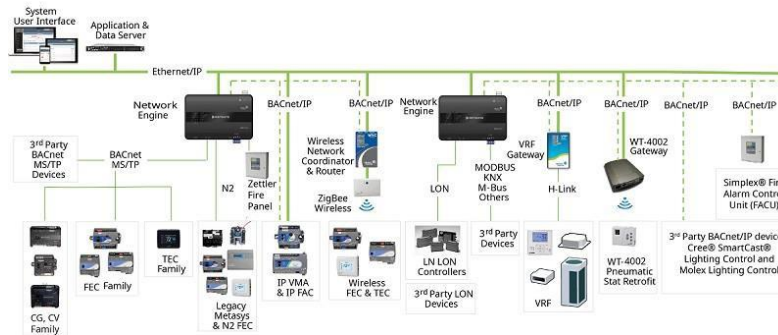


Ilustración 10: Network

Fuente: (EMC, s. f.)

2.7.8 Protocolo de Comunicación

Un protocolo de comunicación es el lenguaje que utilizan los controladores para comunicarse entre sí. De esta manera se pasan información necesaria para trabajar en conjunto, o para subir información a la red.

2.7.9 Válvula de Control

Una válvula de control es un obturador que se cierra o se abre por medio de un actuador, un servomotor eléctrico, Si la válvula recibe una señal digital, solo podrá abrirse o cerrarse completamente, en cambio si recibe una señal analógica, podrá abrirse o cerrarse parcialmente.



Ilustración 11: Válvula de Control

Fuente: (AVS, s. f.)

2.7.10 Detector de Humo

Un detector de humo es un *switch*, que emite una señal digital al detectar la presencia de humo en el ambiente.

2.7.11 Airflow Measuring Station

Un *Airflow Measuring Station*, es un dispositivo que mide el caudal de aire que pasa por un ducto. Puede funcionar por medio de un tubo Pitot, o por medio del principio de dispersión térmica. El principio de dispersión térmica se basa en medir la tasa de transferencia de calor del dispositivo al aire, y esta tasa es directamente proporcional a la velocidad del aire. Tanto el tubo Pitot como el dispositivo de dispersión térmica, miden la velocidad del aire, y al saber las dimensiones del ducto, el sistema puede calcular el caudal de este.



Ilustración 12: Airflow Measuring Station de Ducto

Fuente: (EBTRON, s. f.)

El presente trabajo de investigación se centra en la implementación de Metasys, la solución de BAS de Johnson Controls. Un BAS, como se mencionó anteriormente, es un sistema de automatización de edificios. Esta automatización se centra en el control de aires acondicionados y demás equipos electromecánicos asociados. Este trabajo une conceptos estudiados en la carrera de ingeniería electromecánica, porque integra conocimientos de control automático, así como también describe el funcionamiento de equipos electromecánicos en edificios, y los análisis presentados utilizan estos conceptos para enseñarle a los ingenieros a dar una solución de ingeniería en el área de controles. Para poder dar esta solución es necesario entender la parte de control, electrónica y mecánica de los diferentes equipos que serán presentados en este trabajo de investigación.

En la clase de aires acondicionados de esta licenciatura, se aprendió a diseñar ductos y a seleccionar equipos, y este trabajo complementa esta clase porque se llega a entender cómo son controlados esos equipos, por medio de los diferentes dispositivos de control colocados tanto en ductos como en paneles de control. Por ejemplo, en la clase se aprendió como seleccionar un sistema de aire acondicionado tipo split, y por el presente trabajo se logra entender que se necesita cableado de control para la comunicación entre la condensadora y la evaporadora, al igual que un termostato con su respectivo cableado de control que va hasta la evaporadora. Este termostato puede estar conectado al BAS por medio de varios protocolos de comunicación. En la clase fluidos de la licenciatura, se aprendió a seleccionar bombas para sistemas de agua caliente y fría, y por el presente trabajo de investigación, se aprende que estas bombas pueden ser controladas por variadores de frecuencia para variar su velocidad, y que son accionadas por un relé que es controlado por medio de una señal binaria proveniente de los controladores de campo del BAS. En la clase de control automático, se aprendió que los equipos que son automatizados son más eficientes al tener retroalimentación, y por el presente trabajo se aprende que la retroalimentación por medio de sensores de varios tipos, como temperatura y de posición, son necesarios para el buen funcionamiento de los equipos electromecánicos y dispositivos de control.

Es importante entender el funcionamiento básico y la jerarquía de los diferentes componentes que lo conforman. El nivel más básico del BAS son los sensores, actuadores y relés. Los sensores son los responsables de llenar el BAS de información cuantitativa del estado en tiempo real del edificio. Estos sensores miden muchos parámetros diferentes, como por ejemplo temperatura y humedad del aire, concentración de CO₂, detección de humo, temperatura del agua entre muchos otros más. Esta información es la que se va a utilizar para que el BAS tome decisiones, y las estas decisiones van a traducirse en la activación de actuadores, servomotores, que van a abrir y cerrar dampers, dispositivos mecánicos que dejan pasar o cortan el flujo de aire en un ducto, o también abrir y cerrar válvulas. El BAS va a activar o desactivar relés, para así accionar o apagar equipos electromecánicos. Tanto los sensores como los actuadores y relés van conectados a los controladores de campo, y estos pueden actuar de manera autónoma o en conjunto con el BAS. Esta funcionalidad de los controladores de campo les permite seguir funcionando aun con una caída del sistema de comunicación del BAS. Toda la información del BAS puede ser guardada en un servidor, para así monitorear el funcionamiento del edificio a lo largo del tiempo.

Al tener estos datos en el servidor, se pueden analizar de manera más profunda y dar soluciones de control basadas en inteligencia artificial. Existe una solución digital llamada OpenBlue de Johnson Controls, y esta es un *software* que utiliza inteligencia artificial, por ejemplo, para predecir el mantenimiento de los equipos y diagnosticar posibles problemas y riesgos que presenta el presente manejo del BAS. También brinda posibles soluciones preventivas para mitigar estos riesgos. OpenBlue también se utiliza para reducir los costos de operación del edificio, para monitorear la seguridad, optimizar procesos e incrementar la productividad entre muchas otras aplicaciones. (Johnson Controls, s. f.-a)

En la siguiente ilustración se muestran las varias aplicaciones de *OpenBlue*.



Ilustración 13: Open Blue

Fuente: (Johnson Controls, s. f.-a)

2.8. Hipótesis

Se podría asumir que Johnson Controls no ha establecido un sistema definitivo con su material didáctico respectivo para los entrenamientos de los nuevos ingenieros, porque no se tiene claro cuál estructura sería la más indicada. Todavía el sistema de entrenamiento se está moldeando de acuerdo con las necesidades de la empresa, y está por definirse cuáles temas y cuál manera es la más indicada para presentarlos en el entrenamiento. La creación de este trabajo de investigación pretende definir la manera en que se presentan los temas indicados a los nuevos ingenieros, y que sirva de referencia para estos especialmente durante los primeros meses de trabajo.

Se asume que la información presentada en este trabajo de investigación, y la manera en que será presentada, permitirá a los ingenieros provenientes de cualquiera de las diferentes ramas mencionadas anteriormente, ingeniería eléctrica, electrónica, mecatrónica y electromecánica, refrescar materia vista en la universidad y la creación de bases con información nueva. Promoviendo así, el mejor manejo de los conocimientos necesarios para la creación de sistemas de control de acuerdo con las especificaciones del cliente a un costo competitivo.

2.9. Limitaciones

Esta guía no enseña otras habilidades importantes para los ingenieros de diseño, como lectura de planos MEP, lectura de especificaciones técnicas, manejo básico de Solution Navigator, escritura técnica en inglés, comunicación efectiva y asertiva oral y escrita, y características específicas de diferentes marcas de equipos electromecánicos para edificios.

2.10. Alcances

El presente trabajo de investigación cubre las bases teóricas necesarias para poder entender el funcionamiento del sistema Metasys, sus componentes y como son implementados en campo. Sin embargo, esta es solo una parte del conocimiento necesario para poder desempeñarse como ingeniero de diseño.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

III. DESARROLLO

3.1. METASYS

3.1.1 ¿Qué es un BMS?

Por sus siglas en inglés, un BMS es un “Building Management System”, en español se puede traducir a “Sistema de Gestión de Edificaciones”. Según Joseph (2018), es un sistema de control a base de controladores digitales, que se utiliza en los edificios para monitorear y controlar diferentes equipos electromecánicos, como por ejemplo sistemas de potencia, de iluminación y de ventilación. Según la misma fuente, los equipos monitoreados y controlados por un BMS representan hasta un 40% del consumo total energético de un edificio, y si se incluye la iluminación, puede llegar hasta un 70%. Esto nos sirve de indicador sobre la importancia que tiene un sistema BMS, y por ende la importancia del trabajo que usted va a desempeñar como ingeniero de control en Johnson Controls.

En otras palabras, un BMS regula y monitorea la operación de diferentes equipos electromecánicos que van a trabajar en conjunto para automatizar un edificio. Por ejemplo, cuando los sensores de temperatura de un edificio indican que la temperatura está por debajo del límite permitido, el BMS mandaría una señal para encender las calderas. El agua caliente suministrada por las calderas pasaría por diferentes equipos electromecánicos que calentarían el aire que pasa a través de ellos. Este aire a su vez sería distribuido a zonas específicas en el edificio al abrir y cerrar amortiguadores de ducto (compuertas que permiten o cierran el flujo de aire en ductos, también conocidas por su nombre en inglés “damper”), y al llegar a la temperatura deseada, el BMS mandaría una señal para cortar el flujo de aire caliente. Este es un ejemplo simplificado de cómo funcionaría un sistema de control para calefacción.

3.1.2. ¿Qué es Metasys?

Según Metasys Software (s.f), el software Metasys es una familia de sistemas y servidores que trabajan en conjunto para manejar el consumo energético de edificios, al proporcionar control coordinado en los sistemas electromecánicos que acondicionan el edificio como tal. En otras palabras, Metasys es la solución de BMS que proporciona Johnson Controls a sus clientes. Según la misma fuente, algunos de los beneficios que proporciona Metasys son los siguientes:

1. Aumenta la productividad y la eficacia al utilizar interfaces graficas intuitivas para el usuario
2. Se puede obtener acceso al Metasys instalado en un edificio por medio de aplicaciones móviles
3. Ayuda a la toma de decisiones rápidas, al proporcionar datos de forma gráfica
4. Se puede presentar la información del sistema por medio de resúmenes personalizados
5. El sistema recopila, resume y presenta datos del edificio por medio de reportes avanzados
6. Se puede integrar el sistema a otros sistemas de terceros por medio del uso de diferentes protocolos de comunicación
7. Se puede automatizar tareas para gerentes y personal
8. El uso de Metasys incrementa la efectividad y baja los costos de operación del edificio

3.1.3. Arquitectura de Metasys

Metasys se puede customizar de acuerdo con las necesidades del cliente y no necesariamente se utilizarán todas las familias de sistemas o inclusive un servidor en cada proyecto, pero a continuación se mostrará la arquitectura de Metasys completa para fines didácticos. En la siguiente ilustración se puede visualizar este sistema completo. Este diagrama se obtuvo del artículo Metasys System Product Bulletin (s.f).

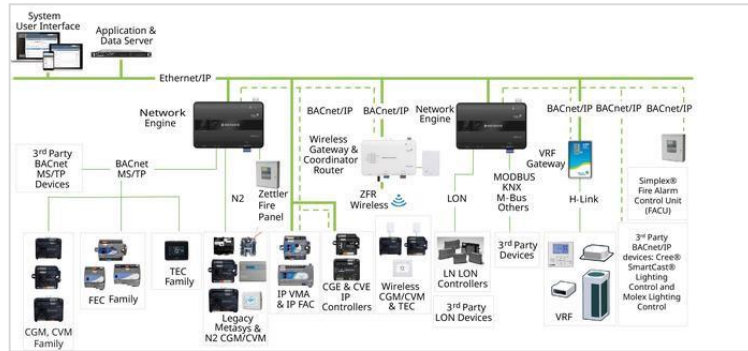


Ilustración 14: Arquitectura Metasys

Fuente: (Metasys System Product Bulletin, s.f)

En la ilustración se puede visualizar que el sistema Metasys empieza con una interfaz gráfica para los usuarios que van a manejar y recibir información de este sistema, que obtiene del servidor los datos a presentar al usuario. El servidor a su vez recibe la información del SNE, un acrónimo para su nombre en inglés “Series Network Engines”, este es un controlador digital al que llaman “supervisor”. El supervisor tiene como tarea controlar y recibir información de los controladores de campo, los cuales pertenecen a varias familias dependiendo de su funcionamiento. Por lo general se utilizan más los controladores que pertenecen a las familias que utilizan el protocolo de comunicación BACnet MS/TP y BACnet IP. Como se puede visualizar en el diagrama, las familias de controladores que utilizan BACnet MS/TP son los controladores CGM y CVM, TEC y FEC. Por otro lado, los controladores que utilizan BACnet IP más utilizados pertenecen a la familia IP VMA/FAC.

Los controladores de campo de cualquier familia reciben la información por medio de sensores, y controlan equipos por medio de actuadores y relés.

3.1.4. Protocolos de Comunicación

Según “Technopedia” (2020), los protocolos de comunicación son una descripción formal de formatos y reglas para los mensajes digitales. Según esta fuente, los protocolos de comunicación son importantes porque se estandariza la manera de mandar y recibir mensajes digitales entre sistemas. En otras palabras, un protocolo de comunicación es el lenguaje que utilizan las computadoras para comunicarse entre sí. Para los proyectos de Johnson Controls, los protocolos de comunicación más utilizados son BACnet MS/TP e IP, LonWorks y Modbus. Los protocolos

LonWorks y Modbus son utilizados para comunicarse con equipos con controladores de terceros, los controladores de Johnson Controls utilizaran BACnet MS/TP e IP. Según Phongchit (2016), a continuación, se describirán los protocolos BACnet, Lonworks y Modbus.

El protocolo BACnet por sus siglas en ingles significa *Building Automation Controls Network*, y es utilizado más que todo en sistemas BAS con múltiples controladores; fue creado por ASHRAE. Los dos modos de transmisión más común son MS/TP (*Master-Slave Token Passing*) el cual usa un cable RS485 e IP. Por lo general, la comunicación entre el servidor y el SNE de Johnson Controls es por medio de BACnet IP, el cual es basado en direcciones IP.

El protocolo Modbus se utiliza más en sistemas de automatización industrial, pero por ser un protocolo simple, es fácilmente utilizado en aplicaciones para sistemas BAS. Este protocolo fue creado por Modicon Inc. El protocolo LonWorks se utiliza en aplicaciones para sistemas BAS de bajo ancho de banda y para redes basadas en fibra óptica entre otros. Este protocolo fue creado por Echelo Corporation/Motorola.

3.1.5. Servidores Metasys

Los servidores Metasys más utilizados son los servidores ADS (Application and Data Server) y el ADX (Extended Application and Data Server). Según “Metasys System Product Bulletin” (s.f), se describirá a continuación las características y criterios de selección de estos dos productos.

El servidor ADS se utiliza cuando no se necesita que más de cinco usuarios tengan acceso al servidor, y cuando no se necesitan más de catorce controladores SNE en el proyecto. El servidor ADX se utiliza cuando el número de usuarios supera los cinco y es menor de cien y cuando el número de controladores SNE en un proyecto es más de catorce, pero menos de mil. El número de usuarios y el número de controladores SNE son los dos criterios más importantes para seleccionar la solución de servidor Metasys para un proyecto.

Los controladores SNE pueden guardar información del BAS, pero cuando se necesita almacenar más datos de los que estos pueden almacenar, se necesita un servidor. Si se necesita generar reportes avanzados, como, por ejemplo, reportes de tendencia basados en cálculos estadísticos,

resumen de datos, y comportamiento general del sistema, solo se puede hacer al utilizar un servidor ADX.

Se pueden instalar *softwares* adicionales en los servidores ADS y ADX si el cliente lo requiere. Por ejemplo, el “Fault Detection”. Este software ayuda a identificar fallas en el BAS y las ordena por orden de prioridad. Esto es de vital ayuda a los usuarios para identificar cuando el BAS no está operando correctamente, incrementa el ahorro energético y reduce el número de reclamos por un mal acondicionamiento de las zonas del edificio. “Fault Triage” es una extensión de este *software* que se puede instalar tanto en los servidores ADS y ADX. EL Fault Triage agiliza el ordenamiento de fallas por orden de prioridad y proporciona a los usuarios posibles razones para cada una de las fallas, la probabilidad de que ocurran y posibles soluciones para corregirlas. Esta extensión del Fault Detection es importante en situaciones que los usuarios no sean tan experimentados.

Usualmente los servidores se entregan al cliente con “Turnkey”. Este es un equipo que se integra al servidor que permite utilizar aplicaciones en las que es necesario tener una máquina virtual. Se puede visualizar en la siguiente ilustración.



Ilustración 15: Turnkey

Fuente: Metasys System Product Bulletin” (s.f)

3.1.6. Controladores Supervisores SNE

Según Zito (s.f), un controlador tipo supervisor puede basarse tanto en “software” o “hardware”. Es decir, puede ser un programa o un controlador físico. Este tipo de controlador utiliza comúnmente un cable tipo RS-485 y se conecta con los controladores de campo en configuración “Daisy Chain”. Esta configuración simplemente significa que el controlador supervisor está conectado a un controlador de campo, por un puerto llamado el “FC Bus”, y este último se conecta al controlador de campo más cercano y así sucesivamente, hasta conectar todos los controladores del proyecto en una fila. En la siguiente ilustración se puede visualizar como se conectan los controladores en esta configuración, desde el supervisor, el SNE en este caso, hasta los controladores de campo CGM y CVM, con sus módulos de expansión XPM.

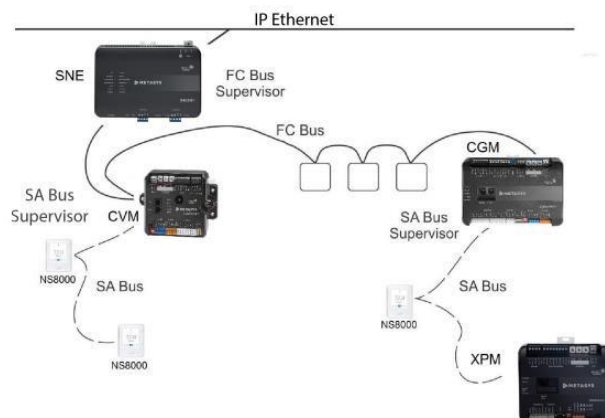


Ilustración 16: Configuración Daisy Chain

Fuente: (Johnson Controls, s. f.-a)

Estos controladores supervisores se utilizan para organizar los horarios del proyecto, para activar alarmas, recopilar datos, ser puertos para interfaces gráficas que permiten acceso a la red, controlar la lógica global del proyecto, entre otros.

Según “Metasys System Product Bulletin” (s.f), los controladores supervisores de Johnson Controls, son llamados SNE, sus siglas significan *Series Network Engine*, como se mencionó

previamente. Estos controladores en orden de mayor a menor capacidad son el SNE22000, SNE11000 y SNE10500.

A continuación, se presentará una ilustración de una tabla para la selección de estos controladores. Es importante tener en cuenta que

Table 1. SNE series network engine details: SNE2200x, SNE1100x, SNE1050x, SNE110Lx

Features	SNE2200x	SNE1100x	SNE1050x	SNE110Lx ¹
Succeeds	NAE55 Series	NAE45 Series	NAE35 Series	NAE45-Lite
Communication interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Ethernet port • 2 RS-485 ports ² • 2 USB ports ² 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Ethernet port • 1 RS-485 port • 2 USB ports ² 		
Maximum allowed devices across all integrations. For example, MS/TP+IP. Includes VND integrations and devices brought in through routers.	600	150	60	110
BACnet/IP maximum trunks	1	1	1	1
BACnet/IP maximum devices per trunk	200	100	50	10
BACnet MS/TP maximum trunks	2	1	1	1
BACnet MS/TP maximum devices per trunk (Johnson Controls devices only) ⓘ Note: A repeater is required if more than 50 Johnson Controls devices are on the same trunk.	100	100	50	100
BACnet MS/TP maximum devices per trunk (with 3rd party) ⓘ Note: A repeater is required if more than 32 devices are on the same trunk and some are 3rd party.	64	64	50	64

Ilustración 17: Criterio de Selección de los SNE

Fuente: Metasys System Product Bulletin” (s.f)

Los criterios de selección más importantes son dos, primero se debe determinar si hay o no hay controladores de terceros en el proyecto y luego el número de controladores de campo en total a ser conectados al supervisor. Un supervisor puede tener uno o dos *trunks*, esto se puede conceptualizar como la fila en donde van a conectarse en cadena los controladores de campo. En

el caso del SNE22000, hay dos *trunks* para el protocolo BACnet MS/TP, y el SNE11000 y el SNE10500 tiene solo uno. Esto es importante tenerlo en cuenta a la hora de seleccionar el supervisor.

Si el protocolo a utilizar en el proyecto es BACnet IP, se debe utilizar el número de controladores permitidos por supervisor indicado en la línea con título “BACnet/IP maximum devices per trunk”. Esta línea indica la cantidad de controladores de campo permitidos por trunk por supervisor. Como todos los supervisores solo tienen un trunk BACnet IP, este número se toma así tal cual se muestra. Si el protocolo del proyecto es BACnet MS/TP y solo hay controladores de Johnson Controls, o sea no hay controladores de terceros, se utiliza la línea con título “BACnet/IP maximum devices per trunk”. Es importante tener en cuenta que el supervisor SNE22000 tiene dos trunks para este protocolo, entonces el número indicado se debe multiplicar por dos. Por ejemplo, según la tabla solo se pueden conectar cien controladores de protocolo BACnet MS/TP por trunk a un controlador SNE22000, pero al haber dos trunks MS/TP, se podrían conectar en total doscientos controladores al SNE22000 si no hay controladores de terceros en el proyecto. Por otro lado, si hubiese controladores de terceros en el proyecto, la línea con título “BACnet MS/TP maximum devices per trunk (with 3rd party)”, indica que se podrían conectar solo sesenta y cuatro controladores de campo a un SNE22000 por trunk, y al haber dos trunks, esto significa que en total se podrían conectar ciento veintiocho controladores de campo al SNE22000 cuando hay controladores de Johnson Controls y de terceros en el proyecto.

Anteriormente se mencionaron algunos usos en general para los controladores de tipo supervisor en un proyecto con un sistema BAS, pero a continuación se mencionarán algunas características propias de los SNE de Johnson Controls, según “Metasys System Product Bulletin” (s.f).

Los SNE permiten activar un estatus en un equipo con controlador de terceros o a un controlador de Johnson Controls para que este adopte una secuencia de operación predeterminada para ese estatus en específico. Algunos ejemplos de estatus son los siguientes:

- *On/Off*: Este estatus significa encendido o apagado
- *Occupied/Unoccupied*: Este estatus significa ocupado o desocupado. Por ejemplo, se utiliza cuando se quiere activar la calefacción en una zona en horas en que se estima que habrá personas presentes, y desactivarla cuando no se supone que haya personas. Esto

permite ahorrar energía al no calentar zonas en donde no haya personas, por ejemplo, en una zona de oficinas en la madrugada se mantendría apagada la calefacción.

- *Economy/Comfort*: Este estatus significa económico o confort. Si se selecciona económico, por ejemplo, se encendería la calefacción, pero no tanto como si estuviera en estatus confort. El estatus economy le da prioridad al ahorro de energía y el confort le da prioridad a acondicionar una zona para la comodidad de las personas.

También se utilizan los supervisores SNE para generar alarmas basado en las preferencias directas del usuario. Estas alarmas causan que el SNE avise por medio de mensajes que pueden ser mandados a un correo electrónico, por ejemplo, o inclusive impresoras. Luego una bitácora de alarmas se puede visualizar para ver cuáles y cuántas alarmas se han activado en un periodo de tiempo determinado.

Los datos de los controladores de campo son mandados al supervisor y este los compara de manera lógica y toma la acción correctiva predeterminada para cada problema que se pueda encontrar en este análisis. Cada una de estas acciones es registrada en una bitácora, para que los usuarios puedan visualizar la situación actual del BAS y como se ha comportado en el pasado. Estas bitácoras luego son guardadas en el servidor junto con los datos del proyecto, para liberar la memoria del SNE. Existen proyectos en los que no se necesita guardar estas bitácoras ni los datos recopilados por el SNE, entonces no hay servidores en la red.

También es importante mencionar que los SNE suman el tiempo de monitoreo de los puntos monitoreados en un proyecto, para así estimar cuándo cada equipo necesita mantenimiento rutinario. Esto también es útil para estimar cuándo puede haber problemas en los equipos del edificio y avisar de manera premeditada.

Los SNE también pueden monitorear el consumo de energía del edificio, por ejemplo, electricidad, gas, vapor y agua. Esto es importante porque el SNE distribuye la carga energética a los equipos electromecánicos del proyecto, según las preferencias de los usuarios, para así contribuir al ahorro energético total del edificio.

En la siguiente ilustración se puede visualizar un controlador SNE22000



Ilustración 18: SNE 22000

Fuente: Solution Navigator (2022)

3.1.7. Señales Analógicas/Binarias

Las señales que entran y salen de los controladores digitales se pueden separar en dos grandes grupos: analógicas y digitales. Según Miyara, F. (2004) las señales analógicas “son variables eléctricas que evolucionan en el tiempo en forma análoga a alguna variable física. Estas variables pueden presentarse en la forma de una corriente, una tensión o una carga eléctrica. Varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior”. Es decir, este tipo de señal es una señal que por ejemplo puede variar entre los 0 a los 10 voltios o 0 a 5 mA, proporcionalmente al fenómeno físico que se quiere medir según su magnitud. En el caso de sensores para aires acondicionados, es común que este tipo de señal se use para medir la temperatura, humedad, presión, la concentración de dióxido o monóxido de carbono en el aire, entre otros. Es decir, cantidades físicas que su valor puede variar, y para representarlo de manera que el controlador lo pueda interpretar, el sensor transforma ese valor físico en un valor proporcional de corriente o voltaje. Comúnmente para los proyectos de Johnson Controls, se utiliza una señal analógica de voltaje variable. En casos en el que el controlador está relativamente lejos del sensor, se puede utilizar una señal analógica a base de corriente variable, porque este tipo de señal se distorsiona menos al tener que viajar una mayor distancia por el cable. Los sensores reciben señales analógicas que transmiten a los controladores y esta se denomina “AI” que por sus siglas en inglés significa *Analog Input*, y en español se denomina entrada analógica. También existen salidas analógicas o

AO que en inglés significa *Analog Output*. Una salida analógica, es aquella que el controlador emite para vigilar proporcionalmente una propiedad física. Por ejemplo, un equipo calienta el aire a una cierta temperatura proporcionalmente al voltaje en la señal que un controlador emita, dentro de un rango establecido.

A continuación, se puede visualizar una representación gráfica de una señal analógica en el tiempo.

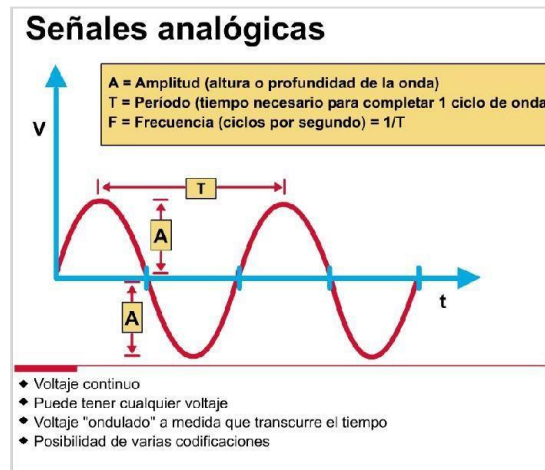


Ilustración 19: Gráfica de Señal Analógica

Fuente: (*Señales Analógicas*, 2012)

Las señales digitales, según Miyara, F. (2004), “Son variables eléctricas con dos niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo transmitiendo información según un código previamente acordado. Cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: “0” o “1”, V o F. Los niveles específicos dependen del tipo de dispositivos utilizado.” Es decir, una señal digital va a representar de manera digital si un fenómeno físico ha pasado o no, independientemente del valor cuantitativo de ese fenómeno. Por ejemplo, si en un ducto la presión es mayor a un cierto valor predeterminado, se deberá activar una alarma. En el momento que la presión sobrepase el punto preestablecido, independientemente del valor que tenga en cualquier instante, la alarma seguirá activada, y al bajar de ese punto, indiferentemente del valor, se desactivará la alarma. Este es un ejemplo de una entrada binaria o por sus siglas en inglés “BI” de *Binary Input*. También existen las salidas binarias, o por sus siglas en inglés “BO” de *Binary Output*, las cuales activan o desactivan un dispositivo. Por ejemplo, si un controlador manda una señal binaria, se activará un relé que encenderá una caldera, o se cerrará un amortiguador de ducto. Este tipo de señal solo tiene dos estados, y como dice la definición, el valor de voltaje de esta señal varía según el equipo utilizado. Por ejemplo, un

actuador de señal binaria que cierra o abre una válvula puede recibir como entrada 0 o 24 v, o también podría recibir 0 o 120 v.

A continuación, se podrá visualizar una gráfica que representa una señal binaria en el tiempo.

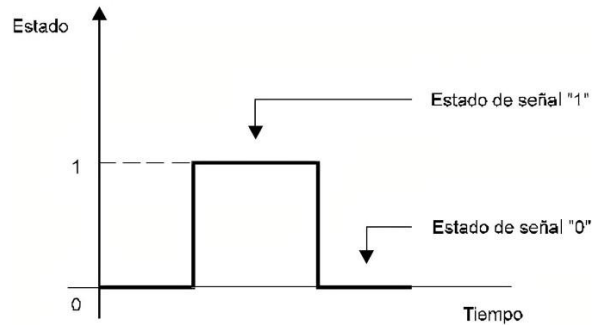


Figura 1. Representación de una señal discreta.

Ilustración 20: Gráfica de señal Binaria

Fuente: (Villajulca, 2012)

Este subcapítulo, es muy importante para entender el resto de esta guía, que se va a basar principalmente en señales analógicas y digitales, ya que es la manera en que los controladores reciben y transmiten información para automatizar los equipos a estudiar.

3.1.8. Controladores de Campo y Sus Accesorios

Según Metasys Software. (s. f.), los controladores utilizados en Johnson Controls se pueden dividir en dos familias, la familia CG/CV y la familia FEC. Aunque los FEC existen y se implementan en campo, estos se utilizan más que todo cuando se necesita implementar una secuencia de operación para el control y la extracción de humo en las manejadoras de aire, que se verá más adelante en esta guía. Los controladores FAC y VMA son utilizados cuando un proyecto utiliza el protocolo de comunicación BACnet IP en los controladores de campo, pero por lo general se utilizan los controladores CG/CV que usan BACnet MS/TP. Las propiedades de los controladores de la familia FEC se pueden visualizar en la siguiente tabla, tomada de Metasys Software. (s. f.)

	Advanced Application Field Equipment Controllers (FACs)	Field Equipment Controllers (FECs)	Variable Air Volume Modular Assemblies (VMAs)
Typical Applications	Controlling: <ul style="list-style-type: none"> • Equipment that requires local scheduling, alarming, and trending • Air Handling Equipment • Central Plant Equipment 	Controlling: <ul style="list-style-type: none"> • Rooftop Units • Heat Pumps • Unit Ventilators • Air Handling Equipment • Central Plant Equipment • Exhaust Fans • Supplemental Heating Equipment 	Controlling: <ul style="list-style-type: none"> • Pressure independent VAV boxes • Pressure dependent VAV boxes • Zone Dampers
Onboard Real Time Clock	Yes	No	Yes - on VMA1930 model only
Communication Protocols	<ul style="list-style-type: none"> • BACnet MS/TP (B-AAC) or N2 (field switchable) • BACnet/IP (B-AAC) (model FAC4911 only) • ZigBee Wireless (with an add-on module) 	<ul style="list-style-type: none"> • BACnet MS/TP (B-ASC) or N2 (field switchable) • ZigBee Wireless (with an add-on module) 	<ul style="list-style-type: none"> • BACnet MS/TP (B-ASC) or N2 (field switchable) • BACnet/IP (B-AAC): (model VMA1930 only) • ZigBee Wireless (with an add-on module)
Expandable through SA Bus	Yes		

Ilustración 21: Características Técnicas de la Familia de Controladores FEC

Fuente: Metasys Software. (s. f.)

Según la información presentada en Metasys Software. (s. f.), a continuación, se discutirán propiedades y características de los controladores mencionados. De esta fuente se tomarán las imágenes y tablas mostradas en esta sección.

Estas dos familias de controladores comparten similitudes, pero los controladores CG/CV son de cuarta generación, y los de la familia FEC son de tercera generación. Es por esto por lo que se utilizan más los CG/CV en el campo. Estos últimos son los sucesores de los FEC, que eventualmente se dejaron de utilizar. Todos los equipos y sistemas en campo que necesitan un controlador van a utilizar un controladore CGM (General Purpose Application Controllers), excepto los VAV, que por sus siglas en ingles significa “Variable Air Volume Units”, que utilizan el controlador CVM (VAV Box Equipment Controllers). Este es un tipo de equipo terminal, que se verá más adelante, pero es importante saber esta característica de los controladores de familia CG/CV. Si se utiliza la familia FEC en un proyecto, las unidades VAV van a utilizar el controlador VMA (Variable Air Volume Modular Assemblies), y los demás equipos utilizarán un controlador tipo FEC (Field Equipment Controllers) o FAC (Advanced Application Field Equipment Controllers).

Tanto los controladores de familia CG/CV y FEC tienen una cantidad limitada de salidas y entradas analógicas y binarias, por lo tanto, si se necesitara manejar más señales de las que el controlador tiene capacidad de conexión, se puede expandir su capacidad por medio de un módulo de expansión. Un módulo de expansión es, como lo indica su nombre, un aparato que expande la capacidad de un controlador para conectar más cableado de control que recibirá y mandará más señales. En los controladores de familia CG/CV este aparato recibe el nombre de “XPM” y en la familia FEC reciben el nombre de “IOM”.

Además de conectar sensores y actuadores por medio de cableado de control a los puertos para entradas y salidas binarias y analógicas, también existe otro tipo de puerto llamado el “Sensor/Actuator (SA) Bus”. Por este puerto se conectan los mismos módulos de expansión, pero también se conectan un tipo de sensor de zona muy utilizado llamado “Network Sensors”. También se puede conectar variadores de frecuencia y velocidad para ventiladores y bombas. Es importante tener en cuenta que los controladores de la familia CG/CV solo tienen cuatro SA Bus, a la hora de diseñar un sistema. Otro puerto importante de los CG/CV es el “FC Bus”. Este puerto es por donde se hace la conexión de controlador a controlador desde el controlador para la configuración Daisy Chain, que se mencionó anteriormente, que empieza desde el controlador supervisor hasta el último de campo.

A continuación, se puede visualizar la familia de controladores CG/CV



Ilustración 22: Familia CG/CV

Fuente: Metasys Software. (s. f.)

En la siguiente tabla, se puede visualizar las características técnicas de los controladores de la familia CG/CV.

Table 1. CG series and CV series controllers details

	M4-CGM04060-0	M4-CGE04060-0	M4-CGM09090-0	M4-CGE09090-0	M4-CVM03050-0	M4-CVM03050-0P	M4-CVE03050-0P
Description	General Purpose Application MS/TP Controller	General Purpose Application Ethernet Controller	General Purpose Application MS/TP Controller	General Purpose Application Ethernet Controller	VAV Box MS/TP Controller	VAV Box MS/TP Controller with position feedback	VAV Box Ethernet Controller with position feedback
Inputs and Outputs	10 total: <ul style="list-style-type: none"> • 3 Universal Inputs (UIs) • 1 Binary Input (BI) • 4 Configurable Outputs (COs) • 2 Binary Outputs (BO) 		18 total: <ul style="list-style-type: none"> • 7 UIs • 2 BIs • 4 COs • 3 BOs • 2 Analog Outputs (AOs) 		8 total: <ul style="list-style-type: none"> • 3 UIs • 2 COs • 3 BOs • Integral actuator • Integral DPT 	8 total: <ul style="list-style-type: none"> • 3 UIs • 2 COs • 3 BOs • Integral actuator • Integral DPT • Integral potentiometer to sense actual VAV box damper position 	
Communication Protocols	<ul style="list-style-type: none"> • FC Bus (BACnet MS/TP) • N2 (software switchable) • Zigbee for ZFR Pro Wireless Field Bus (add on modules) 	BACnet/IP	<ul style="list-style-type: none"> • FC Bus (BACnet MS/TP) • N2 (software switchable) • Zigbee for ZFR Pro Wireless Field Bus (add on modules) 	BACnet/IP	<ul style="list-style-type: none"> • FC Bus (BACnet MS/TP) • N2 (software switchable) • Zigbee for ZFR Pro Wireless Field Bus (add on modules) 	<ul style="list-style-type: none"> • FC Bus (BACnet MS/TP) • N2 (software switchable) • Zigbee for ZFR Pro Wireless Field Bus (add on modules) 	BACnet/IP
Expandable through SA Bus	Yes						
Onboard Real Time Clock	Yes						

Ilustración 23: Características de los controladores CG/CV

Fuente: Metasys Software. (s. f.)

Es importante tener en cuenta la capacidad de cada controlador, pero a la hora de diseñar los sistemas en “Solution Navigator” (aplicación *web* para presupuestar de Johnson Controls), el controlador y la cantidad de módulos de expansión serán seleccionados automáticamente, así como también el tamaño del panel de control.

En la siguiente ilustración se podrá visualizar los módulos de expansión para los controladores de la familia CG/CV.

Figure 2. Expansion I/O modules



Ilustración 24: Módulos de Expansión XPM

Fuente: Metasys Software. (s. f.)

En la siguiente tabla se podrá visualizar las características técnicas de estos módulos de expansión XPM.

Table 2. New expansion I/O modules

Model number	M4-XPM04060-0	M4-XPM09090-0	M4-XPM18000-0
Description	Expansion I/O module		
Inputs and Outputs	10 total: <ul style="list-style-type: none"> • 3 UIs • 1 BI • 4 COs • 2 BOs 	18 total: <ul style="list-style-type: none"> • 7 UIs • 2 BIs • 4 COs • 3 BOs • 2 AOs 	18 BIs
Field Bus Networking	<ul style="list-style-type: none"> • FC Bus (BACnet MS/TP) • SA Bus 		

Ilustración 25: Características de los Módulos de Expansión XPM

Fuente: Metasys Software. (s. f.)

Es importante saber que, para la mayoría de los equipos y sistemas, los controladores CGM necesitan un panel en donde van a ser colocados en campo. Este panel va a tener algunos accesorios según las necesidades del cliente como por ejemplo un display LCD para ver gráficamente la información del controlador, pero siempre tendrán un transformador de 96 VA de capacidad. Según la cantidad de accesorios necesarios dentro del panel, así se tendrá que ajustar su tamaño, pero esto se hará automáticamente por medio del uso de Solution Navigator. Algunos equipos como por ejemplo los FCU, que por sus siglas en inglés significa *Fan Coil Unit*, no necesitan panel de control, porque tienen un espacio especialmente diseñado para almacenar el controlador a utilizar. Generalmente estos son los únicos equipos que no van a necesitar un panel de control al usar un CGM, pero si existen dudas, es recomendado revisar las fichas técnicas de los equipos. Los controladores CVM y VMA, por otro lado, no necesitan panel de control, porque son utilizados específicamente para las VAVs mencionadas anteriormente. Este equipo, al igual que el FCU,

tiene un espacio para almacenar el controlador y sus accesorios, como la fuente de poder (transformador) y módulos de expansión.

El ultimo controlador que se mencionara es el TEC. Algunas características de estos controladores según *TEC3000 Color Series Wireless, Stand-Alone, and Field-Selectable BACnet MS/TP or N2 Networked Thermostat Controllers* (s.f), son las siguientes: este tipo de controladores no son programables, sino configurables. Esto significa que no se les va a programar una secuencia de operación customizada como a los controladores de las familias CG/CV y FEC, sino que se configura según la aplicación deseada. El controlador TEC es un termostato digital de pared, que cuenta con sensores integrados para medir la temperatura y humedad de zona, así como también la ocupación de zona. Este controlador termostato, tiene la capacidad de ser integrado al BAS o puede también funcionar como “Stand-Alone”; este término significa que no tiene conexión al sistema Metasys, funciona de manera aislada e independiente. Es importante recalcar que el TEC no tiene capacidad de conexión a un módulo de expansión, solo funciona con las entradas y salidas analógicas y digitales que trae el controlador en sí. Por esta razón, se utiliza para manejar equipos pequeños y medianos, que tengan una secuencia de operación simple. Por lo general se utiliza para controlar equipos denominados como “unidades terminales”, que se verán más adelante. En la siguiente imagen se podrá visualizar el TEC en dos colores, blanco y negro. Por lo general se utiliza el de color blanco.



Ilustración 26: Controlador TEC en Blanco y Negro

Fuente: Metasys Software. (s. f.)

3.1.9. UL UUKL 864 (Control y Extracción de Humo)

Según Stanzione, S. (2021, 19 abril), UL UUKL 864 es un *standard* creado por Underwriters Laboratories, para los sistemas de control y extracción de humo. Los equipos utilizados en estos sistemas tienen que ser resistentes a extremos de temperatura, humedad y a sobrecorrientes y picos de voltaje.

En la siguiente ilustración, se puede ver una representación de un sistema UUKL 864, tomado de la misma fuente.

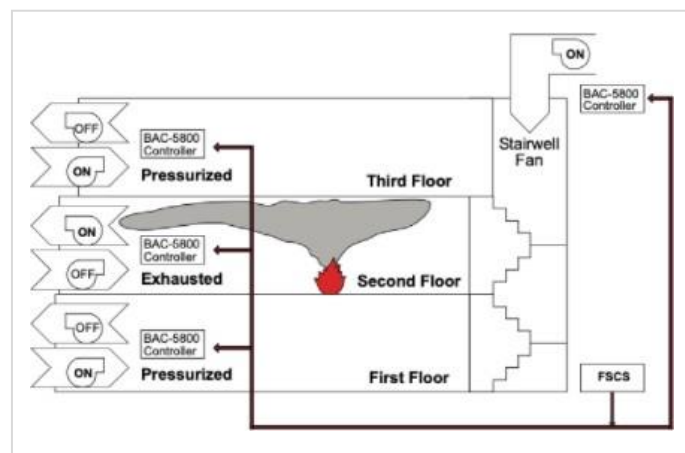


Ilustración 27: Ejemplo Sistema UUKL 864

Fuente: Stanzione, S. (2021, 19 abril)

En esta imagen se puede ver un incendio en el segundo piso. El ventilador que está en las escaleras de emergencia se utiliza para presurizar esta sección del edificio con presión positiva, para que el humo no pueda entrar. El tercer y primer piso están siendo presurizados de la misma manera para que el humo se mantenga en el segundo piso. Para lograr eso, los ventiladores de extracción del tercer y primer piso fueron apagados y solo quedan encendidos los ventiladores de inyección de aire fresco. El segundo piso tiene apagado el ventilador de inyección porque se requiere crear una presión negativa y direccionar el humo hacia afuera del edificio, entonces solo los ventiladores de extracción están encendidos.

La solución de Johnson Controls para este sistema es mediante la implementación de un controlador supervisor NAE5510-3U, para manejar únicamente los sistemas que estén ligados al sistema de control y extracción de humo. Según Metasys Software. (s. f.), este supervisor tiene la

capacidad de manejar un total de doscientos controladores BACnet MS/TP, cien por cada uno de los dos trunks que tiene. Independientemente de la cantidad de controladores que haya en un proyecto para controlar los sistemas de control y extracción de humo, se debe seleccionar este controlador supervisor. Si se llega a pasar de los doscientos controladores, se tiene que agregar otro controlador supervisor NAE1055-3U. Los controladores de campo a utilizar son los controladores FEC, que son los únicos con capacidad de controlar sistemas UUKL 864.

Un sistema de control y extracción de humo también puede tener un panel de control para los bomberos denominado “FSCS”, que por sus siglas en ingles significa “Firefighter’s Smoke Control Station”. Mediante este panel, los bomberos pueden controlar el sistema de control y extracción de humo manualmente. Johnson Controls solamente cotiza estos paneles marca “ADI” (Automation Displays Inc.), y según el panel requerido se tendrá que incluir en el proyecto un controlador FEC específico con un transformador especial para integrar el panel al sistema Metasys. En la siguiente imagen se podrá visualizar un ejemplo de este requerimiento.

FOR EACH PANEL YOU WILL NEED TO PROVIDE THE FOLLOWING PARTS. (1) Part number MS-FEU1610-OU Controller, and (1) Part number PAN-PWRSP-U transformer.

Ilustración 28: Controlador FEC para Integrar FSCS

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

En este caso, para el FSCS requerido, se necesita dar un controlador de la familia FEC, FEU1610-OU con un transformador PAN-PWRSP-U. A este controlador no se le debe de dar un panel, ya que los FSCS tienen un compartimento en donde se almacena este con sus accesorios.

3.2. Sensores, Switches, Actuadores y Relés

3.2.1 Sensores y Switches

A continuación, se mostrarán algunos de los sensores y *switches* utilizados por Johnson Controls en sus proyectos.

Los *switches* son aquellos dispositivos que disparan una señal binaria cuando algún fenómeno físico los activa, y los sensores son dispositivos que mandan una señal analógica dentro de un rango predeterminado de voltaje. Los sensores y *switches* se pueden dividir en dos grandes grupos, los que van a medir propiedades del agua y los que miden propiedades del aire. Los sensores y *switches* de aire se pueden subdividir según su aplicación, que puede ser dentro de un ducto o se montan en una pared para medir las propiedades de una zona del edificio.

La siguiente tabla muestra los sensores de aire más comunes, esta información fue obtenida del programa Solution Navigator de Johnson Controls.

Tabla 1: Lista de Sensores y Switches de Aire

Nombre	Tipo	Modelo	Tipo de señal
Sensor de temperatura promedio	Ducto	TE-6001-8	Analógica
Sensor de temperatura de bulbo	Ducto	TE-6311M-1	Analógica
<i>Switch</i> de temperatura baja	Ducto	A70HA-1C	Binaria
<i>Switch</i> de presión estática alta	Ducto	AFS-460	Binaria
<i>Switch</i> de temperatura alta	Ducto	A70KA-1C	Binaria
Sensor de CO2	Ducto	CD-P1000	Analógica
Detector de Humo	Ducto	D4120	Binaria
Sensor de presión diferencial	Ducto	DP1402X5U11C	Analógica
<i>Switch</i> de presión diferencial	Ducto	P32AC-2C	Binaria
Sensor de humedad	Ducto	HT-69030NP-0	Analógica

Sensor de presión estática	Ducto	DP1402X5U11C	Analógica
Sensor de temperatura y humedad	Ducto	HE-69130NP-0	Analógica
Switch de humedad alta	Ducto	HC-201	Binaria
Sensor de temperatura (Network Sensor)	Zona	NSB8BTN040	Analógica
Sensor de temperatura y humedad (Network Sensor)	Zona	NSB8BHN040	Analógica
Sensor de temperatura y CO2 (Network Sensor)	Zona	NSB8BTC040	Analógica
Sensor de CO2	Zona	CD-W00-00-2	Analógica
Sensor de temperatura	Zona	TE-6314P-1	Analógica

Es importante saber que los sensores de tipo “Network Sensor” son los más utilizados para monitorear la temperatura y la humedad de zonas. Este tipo de sensor va conectado al SA Bus de los controladores, y por lo tanto solo se pueden conectar cuatro sensores de este tipo por controlador. Esto se debe a que solo existen cuatro puertos SA Bus en cada controlador, como se había mencionado antes.

También es importante saber que los network sensors mostrados en la tabla no tienen *display* ni *setpoint* (término para indicar que se puede seleccionar los valores deseados de temperatura y humedad por el usuario por medio de botones), pero en algunos casos es necesario incluir los network sensors que tengan estas cualidades.

En la tabla se puede notar que el sensor de presión estática y presión diferencial de ducto es el mismo. Esto se debe a que este sensor tiene dos terminales para medir presión, lo que cambia es donde se colocan esas terminales. En el caso del sensor de presión diferencial, una terminal se coloca dentro del ducto en un punto y la otra se coloca en otro punto también dentro del ducto, esto va a servir para comparar la presión estática en los dos puntos y así obtener el diferencial de presión. Este sensor se utiliza más que todo para determinar si un filtro está sucio, porque al

ensuciarse el filtro, poco a poco se va bloqueando el paso del aire y así va aumentando la diferencia de presión en el punto antes y en el punto después del filtro. Al colocar las terminales de este sensor en ambos extremos del filtro de ducto, se puede determinar dependiendo del diferencial de presión cuando se debe cambiar el filtro. El mismo principio aplica para el *switch* de presión diferencial solo que este en vez de dar una señal analógica simplemente da una señal binaria al activarse cuando la presión diferencial sobrepasa el límite permitido. Otro uso para el sensor y *switch* de presión diferencial es determinar el estatus de un ventilador de ducto, ya que al tener una terminal en cada extremo del ventilador se puede determinar por la diferencia de presión si el ventilador está encendido. Esto se debe a que en el extremo donde el ventilador toma el aire baja la presión, y lo opuesto sucede en el extremo por donde sale el aire del ventilador.

El sensor de presión estática, a diferencia del de presión diferencial, tiene solo una terminal dentro del ducto, y la otra queda fuera del ducto. Esto se hace, para determinar el diferencial de presión de la presión atmosférica y la presión dentro del ducto, y esto es igual a la presión estática dentro del ducto, según (Fluid Velocity Measurement Using a Pitot Tube (Pitot Static Tube), s. f.). Este principio para determinar la presión estática dentro del ducto se puede visualizar mejor en la siguiente ilustración, tomada de la misma fuente.

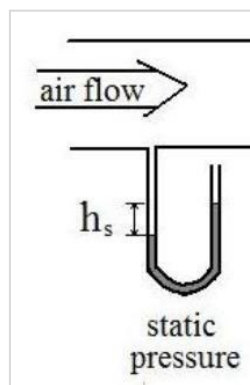


Ilustración 29: Presión Estática de Ducto

Fuente: (Fluid Velocity Measurement Using a Pitot Tube (Pitot Static Tube), s. f.).

La siguiente tabla muestra los sensores de agua más comunes, y esta información fue obtenida del programa Solution Navigator de Johnson Controls.

Tabla 2: Sensores de Tubería

Nombre	Tipo	Código	Tipo de señal
Sensor de temperatura	Tubería	TE-6300W-102	Analógica
Sensor de flujo	Tubería	F-1200-10-XX-12	Analógica
Switch de flujo	Tubería	F261MAH-V01C	Binaria
Switch de presión diferencial	Tubería	P74EA-8C	Binaria
Sensor de presión diferencial	Tubería	DP110050U3V3V	Analógica

El sensor y el *switch* de presión diferencial mostrados en la tabla pueden ser utilizados para determinar el estatus de las bombas, ya que al igual que los ventiladores de ducto, al encenderlas se crea una diferencia de presión en la tubería antes y después de la bomba.

Es importante tener en cuenta que los sensores y *switches* de tubería solo son proveídos por Johnson Controls, pero es el contratista mecánico el que va a realizar la instalación.

Todos los sensores de temperatura mostrados tanto en la tabla 1 como en la tabla 2

son a base de níquel, pero también pueden ser de platino, dependiendo de las especificaciones del proyecto.

También existen sensores para medir propiedades del aire de afuera del edificio. Los dos sensores más utilizados son el de temperatura y el de humedad. Si se requiere un sensor de humedad y otro de temperatura exterior, se puede instalar solo uno de humedad, ya que este también mide la temperatura.

3.2.2. Actuadores para Dampers

Johnson Controls ofrece actuadores tanto eléctricos como neumáticos, pero casi en todos los casos se provee actuadores eléctricos solamente, por esta razón esta sección se enfocará solamente en este tipo de actuadores. Según (Olivares, 2011) la definición de actuador es “la interfaz entre el procesamiento de la señal (procesamiento de la información) y el proceso (mecánico). Transforman las señales que aportan la información de ajuste, de baja potencia, en

señales potentes correspondientes a la energía necesaria para intervenir en el proceso.” En el caso de los actuadores eléctricos, se recibe una señal que puede ser binaria o analógica y se mueve un motor eléctrico que en este caso abre y cierra dampers. En el caso que la señal fuera binaria, cuando se obtiene el “1” digital, el actuador completa un ciclo de movimiento, abriendo o cerrando totalmente el damper cada vez que recibe la señal. En caso de ser analógica la señal del actuador, dependiendo del voltaje que reciba dentro de un rango determinado, así se moverá proporcionalmente el actuador, abriendo o cerrando ya sea parcial o totalmente el damper.

Algunos actuadores tienen *spring return* o *failsafe*, esto significa que tienen un resorte interno, que al dejar de recibir una señal o cuando hay una falla eléctrica en el edificio, el resorte acciona el actuador, para así dejar abierto o cerrado el damper. Por lo general, se dan este tipo de actuadores por seguridad. Habiendo dicho esto, hay una tercera señal de control llamada *floating*, o de tipo flotante. Según Thormeyer (2018), este tipo de señal consta de dos señales digitales, una va a girar al actuador en sentido horario y la otra en sentido antihorario, abriendo o cerrando totalmente. Hay que tener en cuenta que, si hay una falla de corriente, este tipo de actuador se mantendrá en la posición que tenía cuando ocurrió la falla, al no tener *spring return*.

A continuación, se presentarán algunas características técnicas de los actuadores de damper según el catálogo de actuadores (Valves and Actuators, s. f.) de Johnson Controls.

Existen varios tipos de actuadores con diferentes capacidades de torque, pero los dos actuadores más utilizados son los actuadores serie M9220 y M9208, que tienen 177 in-lb y 70 in-lb de torque respectivamente. Cuando se selecciona un tamaño de *damper* en *Solution Navigator*, este indica el torque necesario para abrir y cerrarlo, así se sabrá cuál actuador seleccionar. Si el torque necesario para controlar un *damper* sobrepasa los 177 in-lb, se puede seleccionar más de un actuador para controlarlo, hasta que los torques sumados de los actuadores sobrepasen el torque para mover el *damper*. Por ejemplo, si un *damper* necesita 330 in-lb para abrir y cerrarse, se pueden seleccionar dos actuadores serie M9220 para controlarlo dicho, estos proporcionarán 354 in-lb de torque.

En las siguientes ilustraciones se podrá visualizar un actuador serie M9208 y serie M9220.



Ilustración 31: Actuador Serie M9208



Ilustración 30: Actuador Serie M9220

Fuente de imágenes: (Valves and Actuators, s. f.)

Los actuadores además de la serie también tienen una nomenclatura anterior a la serie, que determina el voltaje que utilizan, el tipo de señal y si tiene o no finales de carrera. Esta nomenclatura consta de tres letras, la primera puede ser una A, B O G e indica si la señal de control del actuador es de tipo flotante, binaria o analógica respectivamente. La segunda letra puede ser una G o una A, e indica si el voltaje de la señal de control es de 24 V o 120 V respectivamente. Es importante saber que la letra H como segunda letra, también indica una señal proporcional, la diferencia es que tiene cero ajustable. Esto significa que se puede ajustar el rango de voltaje de la señal de control. Por ejemplo, si un actuador tiene de fábrica un rango de 0 a 35 V, se puede cambiar el rango de trabajo de 2 a 35 V, en este caso empieza en 2 V y no en 0 V. La tercera letra puede ser una A, B, o una C e indica si el actuador no tiene finales de carrera, si solo tiene un final de carrera o si tiene dos finales de carrera respectivamente.

La siguiente tabla resumen muestra el significado de esta nomenclatura. Un ejemplo del uso de esta nomenclatura es analizando el actuador M9220-GGA, este es un actuador con 177 in-lb de torque porque es serie M9220, y por las letras GCA y el orden de estas, se sabe que es un actuador de 24 v, es de señal analógica, y no tiene finales de carrera.

Tabla 3: Nomenclatura de Actuadores

Letra	Señal Flotante	Señal Binaria	Señal Analógica	Señal Analógica con cero ajustable	Voltaje de 24 V	Voltaje de 120 V	No tiene finales de carrera	Tiene solo un final de carrera	Tiene dos finales de carrera
Primera	A	B	G	H					
Segunda					G	A			
Tercera							A	B	C

Los actuadores pueden tener retroalimentación, finales de carrera o una combinación de los dos. Por lo general se utiliza la retroalimentación en los actuadores de señal analógica para que el BAS pueda determinar la posición del actuador, y así determinar los grados de apertura de este. Los finales de carrera se utilizan por lo general solo en los actuadores de señal binaria, para determinar cuando el *damper* está cerrado o abierto.

3.2.3. Relés

Según Paris (2003), los relés son “dispositivos destinados a producir determinadas modificaciones, cuando se cumplen ciertas condiciones en un circuito eléctrico que influyen sobre él, en el mismo circuito o en otro distinto”. En el caso de Johnson Controls, los relés utilizados son aparatos que, al recibir una señal digital, activan contactos de 120 V o 240 V para accionar equipos. Los relés pueden ser de tipo *command*, que solo van a accionar un equipo, o de tipo *command-status*, que accionan equipos y al mismo tiempo comparten al BAS el estatus de “encendido” o “apagado” del equipo por accionar.

Para determinar el estatus de un equipo solamente, se puede utilizar un sensor o *switch* de corriente. En algunos casos se requiere dar el relé tipo *command* y un sensor o *switch* de corriente por aparte, pero cuando no se pide explícitamente de esta manera, se instala el relé tipo *command-status*. Un relé muy utilizado en Johnson Controls tipo *command* es el RR10NN.



Ilustración 32: Relé Tipo Command RR10NN

Fuente: Solution Navigator (2022)

3.3. Válvulas de control

3.3.1. Introducción a las Válvulas de Control

Una válvula de control es una válvula controlada por un actuador. Existen varios tipos de válvula, pero los más comunes utilizados en los proyectos de Johnson Controls, son las válvulas de bola y las de tipo mariposa. Es importante saber que los actuadores utilizados por estas válvulas son los mismos actuadores que se utilizan para controlar los *dampers*. Por esta razón, la nomenclatura de dichos actuadores es la misma.

Las válvulas de bola, según Cruz (2009), “se consideran un caso particular de las de macho, su característica especial es que el macho tiene forma de esfera. Su ventaja es que el momento a aplicar es mucho menor que en las de macho. Tienen una excelente estanqueidad, se pueden regular y cuando están completamente abiertas tienen una pérdida de carga reducida.” Según la misma fuente, las válvulas de mariposa “se caracterizan por ser de operación rápida, ya que sólo requieren un cuarto de vuelta para pasar de la posición de cerrado a la posición de abierto, teniendo además una pequeña caída de presión dado a que no alteran la dirección del fluido.” A continuación, se mostrarán imágenes de este tipo de válvula de control.



Ilustración 33: Válvula de Bola



Ilustración 34: Válvula Mariposa

Fuente de imágenes: (Valves and Actuators, s. f.)

Las válvulas de todos los tipos pueden ser 2-way o 3-way, de dos o tres vías respectivamente. Las válvulas mostradas anteriormente son válvulas de configuración 2-way. El tipo de conexión de las válvulas puede ser tipo *threaded* o *flanged*. La válvula de bola en la ilustración 15 es tipo *threaded*, y la válvula mariposa en la ilustración 16 es de tipo *flanged*. La diferencia es que las de tipo *threaded* son de rosca, y las de tipo *flanged* se unen a la tubería por medio de tornillos.

A continuación, se describirá el proceso correcto de selección de válvula para correctamente elegir una que funcione en la mayoría de las situaciones que se puedan encontrar en los proyectos. Es importante tener en cuenta que se mencionarán equipos que todavía no han sido mencionados en esta guía, pero que se verán más adelante. La siguiente información se extrajo de una charla para Johnson Controls sobre selección de válvulas del Ingeniero Keyur Prajapati. El proceso de selección de válvula utiliza como herramienta la aplicación *web Solution Navigator de Johnson Controls*, el uso de esta aplicación es indispensable para una correcta selección.

3.3.2. Pasos Generales para la Selección de Válvulas

1. Leer las especificaciones y entender los requerimientos del proyecto
2. Seleccionar el tipo de familia de válvula, por ejemplo, de bola, globo o mariposa
3. Seleccionar la configuración de válvula que se está pidiendo, por ejemplo, podemos seleccionar de dos o tres vías, que son las más comunes
 - Las válvulas de seis vías se pueden encontrar en los VRFs o en water source heat pumps, por ejemplo, pero no son muy comunes
4. Seleccionar el tipo de fluido que va a pasar por la válvula, o medio, y las opciones son vapor o agua.
5. Seleccionar la posición de falla de la válvula, que es cuando se va la corriente en que posición se mueve la válvula. Las cuatro opciones son abierta, cerrada, última posición y normal.
 - Las posiciones abierta y cerrada se activan mediante un resorte. Generalmente se escoge la posición abierta para agua caliente y cerrada para agua fría. A veces se especifica como “NC” y “NO” en planos o en las especificaciones para *normally closed* y *normally open*, respectivamente.
 - La última posición (*last position*) es simplemente la posición en la que estaba la válvula antes de que se fuera la corriente. Estas válvulas no tienen resorte.
 - La posición normal es solo para las válvulas de tres vías. El puerto A o el B va a estar abierto si se va la corriente.
6. Seleccionar el tamaño de diámetro de las válvulas en pulgadas
7. Seleccionar el tipo de conexión de la válvula, los dos tipos más comunes son *Flanged* y *Threaded*.
 - Por lo general válvulas de ½” hasta 2 ½” se utiliza el tipo *Threaded*.
 - Para válvulas de más de 3” se utiliza el tipo *Flanged* normalmente
8. Seleccionar el tipo de material de la válvula.
 - Si no se menciona en las especificaciones el tipo de material, se selecciona *brass* (bronce)
 - Cuando se tienen laboratorios u hospitales, por lo general se seleccionan las válvulas de *Stainless Steel* (acero inoxidable). Igualmente se tiene que revisar

primero las especificaciones para asegurarse, pero si no dice entonces usar válvulas de acero inoxidable en ese caso.

- El *Ductile Iron* (hierro dúctil) se utiliza en válvulas de mayor tamaño como por ejemplo 6” o 10”
9. Seleccionar el tipo de actuador. Siempre vamos a utilizar el tipo eléctrico, a menos que se *indique lo contrario*
 10. Seleccionar el tipo de control, por ejemplo, si es *on/off* o si es proporcional
 11. Seleccionar el tipo de *feedback*, si es necesario, para la posición de la válvula, por lo general se utiliza el *feedback* de voltaje
 12. Seleccionar finales de carrera, si es necesario (**normalmente solo para válvulas *on/off***)
 - Cuando se escoge un solo final de carrera, solo se indica cuando la válvula está abierta
 - Cuando se escogen dos finales de carrera, se indica cuando la válvula está abierta y cuando está cerrada.
 13. Normalmente no se selecciona nada para *override* y para *actuator wiring type*.

3.3.3. Requisitos Importantes para la Selección de Válvulas

- Los tres requisitos más importantes para la selección correcta de válvula es seleccionar el flujo, la caída de presión, y el tamaño de tubería correcto. Cuando no se indica en las especificaciones la caída de presión de la válvula, se puede asumir 3 *psig* para las unidades terminales y 5 *psig* para las manejadoras de aire y las plantas de agua. Esta es una regla de dedo a utilizar solo si no se menciona en las especificaciones.
- Luego se puede meter la información de *Pump Head* para las plantas de agua si está la información en los *schedules*, y se tiene que hacer especialmente para cuando se tiene un rascacielos o cuando se requiere que la presión sea muy alta. La presión de cierre de diseño tiene que ser menor que la actual (*closeoff pressure*).

Nota: ***Solution Navigator*** hace la conversión de **FT H2O a psig**, cuando se pone la información en el campo de *pump head*, el campo de *closeoff pressure* se llena

automático. Si se quisiera hacer un cálculo rápido para verificar si la válvula seleccionada es la correcta, el *pump head* que está en FT H2O se divide por 2.3 para pasarlo a psig y luego se puede multiplicar por 1.5, para tomar el valor de psig con un cincuenta por ciento extra como factor de seguridad. **Esta conversión se hace porque la presión de cierre de los actuadores viene en psig.**

<u>PUMPS</u>						
MARK	LOCATION	SERVICE	FLOW (GPM)	<u>HEAD (FT H2O)</u>	MOTOR DATA	
					HP	VOLT
P-1A/B/C	ROOF	WARM TEMP CHILLED WATER	950	186	75	460/3/60
P-2A/B	ROOF	COLD TEMP CHILLED WATER	380	46	7.5	460/3/60
<u>REMARKS:</u>						
1. MECHANICAL CONTRACTOR SHALL PROVIDE INVERTER DUTY MOTOR. ELECTRICAL CONTRATOR SHALL PROVIDE VARIABLE FRE						

Ilustración 35: Información en Planos Sobre Bombas

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

Performance

Calculation Type: Water

Flow: 150 gpm [US]

Pressure Drop: 5 psig

Pump Head: 5 ft w/g

Closeoff: 0 psig

Ilustración 36: Ingreso de Datos Solution Navigator

Valve Details		VG1841FT+910HGA			
		3-Way Mixing 2 in Threaded NPT Cv=72.8, Last Position, 24			
	Coefficient	Pressure Drop	<u>Closeoff</u>	Authority	
Design	67.08 Cv	5 psig	0 psig		
Actual	72.8 Cv	4.25 psig	200 psig	0.46	

Ilustración 37: Cuadro Informativo de la Válvula de Solution Navigator

Fuente de imágenes: Solution Navigator (2022)

- Nota importante: Cuando se selecciona una válvula modulante (con actuador proporcional), se tiene que escoger un tamaño que sea máximo dos y mínimo una talla de

tubería menos que la real. Por ejemplo, si una tubería tiene un tamaño de 2", se escoge una válvula de 1 ½" o de 1 ¼", **no se escoge una que sea exactamente 2"**.

- Para válvulas tipo *on/off* se selecciona siempre el mismo tamaño de la tubería.
- **El Cv de la válvula es un coeficiente propio de cada válvula**, y cuando seleccionamos una válvula, de acuerdo con las características que se escogieron *Solution Navigator* calcula un valor de Cv de diseño, el cual tiene que ser menor que el valor actual de la válvula que se escogió.



Valve Details VGT241FT-928GGA	
	Coefficient
Design	67.08 Cv
Actual	73.7 Cv

Ilustración 38: Cuadro Informativo de Cv de Solution Navigator

Fuente: Solution Navigator (2022)

- **Existe otro coeficiente que se llama *Authority***, y para una válvula modulante se debe tener un valor entre 0.2 y 0.5. **Para escoger una válvula tipo *on/off* no se necesita este criterio.**



Authority
0.27

Ilustración 39: Authority Dentro del Rango

Fuente: Solution Navigator (2022)

- Cuando se escoge una válvula modulante, siempre se selecciona una válvula de bola o una válvula de globo. Se escogería una de mariposa solo si se especifica en las especificaciones.
- Una válvula tipo *ON/OFF* puede ser de cualquier tipo de familia de válvula. Por ejemplo, de bola, de globo o de mariposa. Igual siempre revisar las especificaciones primero.
- Si la válvula por escoger está lejos del controlador y se quiere una válvula de tipo proporcional, se elige la válvula que tenga el tipo de control en corriente 4-20 mA, y si

está cerca se selecciona el tipo de control en voltaje 0-10 DC. Esto se debe a que la caída de voltaje es mucho mayor en grandes distancias que la caída de corriente.

- Cuando se escoge una válvula tipo *ON/OFF* se puede elegir entre 24V o de 120V, de acuerdo con las especificaciones del proyecto.
- Nota importante: Si al ingresar el flujo de líquido de una válvula esto limita el tamaño de las válvulas a seleccionar a un tamaño menor de dos tallas del tamaño de la tubería, se elimina el flujo y se escoge un tamaño dos tallas menores que el tamaño de la tubería. Por ejemplo, si se tiene que una tubería es de 8", y al ingresar el flujo a *Solution Navigator* la opción más grande que se puede escoger es de 4", se elimina el flujo y se selecciona una válvula de 6" de tamaño.

3.3.4. Criterio de selección de válvulas en situaciones donde no se tienen toda la información necesaria

3.3.4.1. Selección de válvulas cuando no se tiene el tamaño de la tubería y solo se tiene el flujo

- Se recomienda ingresar toda la información disponible de la válvula a *Solution Navigator*, excepto algún tamaño de válvula.
- Luego se escoge una válvula que cumpla con tener un *Authority* entre 0.2 y 0.5. Esto se debe de mencionar en el Risk Log.
- Al seleccionar la válvula de acuerdo con el *Authority*, se garantiza un 90% de certidumbre la selección correcta de la válvula.

3.3.4.2. Selección de válvulas cuando no se tiene el flujo, pero se tiene el tamaño de la tubería

- En este caso, se recomienda escoger la válvula con el coeficiente *Cv* más alto que permita *Solution Navigator*, después de haber ingresado toda la información que se tiene.

3.3.4.3. Selección de válvula cuando no se tiene ninguna información

- En este caso se recomienda mantener la selección estándar que propone *Solution Navigator*.

3.3.4.4. Selección de válvula tipo mariposa con configuración 3-way

- Para este tipo de válvula existen cuatro tipos en *Solution Navigator*, pero para términos de presupuesto no se profundiza en este aspecto. Se escoge cualquiera de los tipos D, E, F o G y cualquiera es correcto.
- Sin embargo, se recomienda saber para se utiliza cada tipo de válvula.

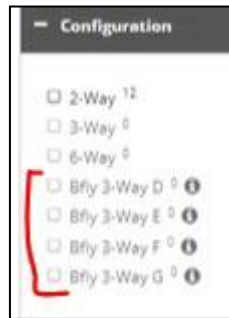


Ilustración 40: Selección de Configuración de Válvula en Solution Navigator

Fuente: Solution Navigator (2022)

- Existen dos tipos de válvulas 3-way, las que mezclan flujos y las que dividen un flujo. Las que mezclan, toman dos flujos y los convierten en uno solo que va en una dirección diferente a los dos originales, y las que dividen, separan un flujo en dos diferentes.
- Las que mezclan tienen dos entradas y una salida, y las que dividen tienen una entrada y dos salidas.
- En casi todos los casos se mezclan dos flujos, entonces se recomienda escoger de este tipo.
- Los tipos D y E son de mezcla, y los tipos F y G son de división de flujo.

3.3.5. Selección de válvula de *Bypass* de flujo mínimo de Chiller o Boiler

- Nota Importante: Esto es para la selección de válvula de *bypass* de flujo mínimo, hay otras válvulas de *bypass* que pueden tener más flujo. Lo anterior se puede determinar leyendo la secuencia de operación, en el diagrama de control o bien por alguna nota.
- Si no se sabe el flujo, se puede utilizar el 40% del flujo que pasa por el *chiller*, para la selección de este tipo de válvula.

- Por ejemplo, se tiene un *chiller* que maneja un total de 1000 gpm de agua (esto se ve en el Schedule), entonces se puede utilizar como flujo para la selección de la válvula de *bypass* 400 gpm.
- En el siguiente diagrama la válvula de *bypass* de flujo mínimo es la V-B1

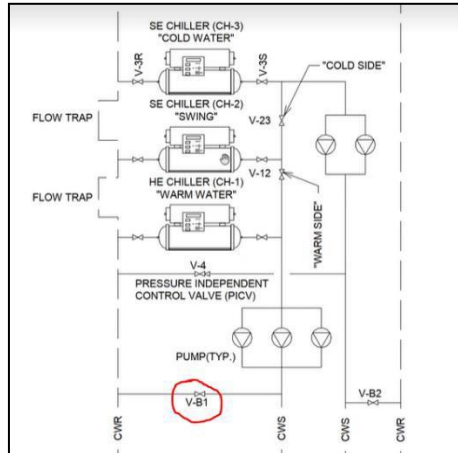


Ilustración 41: Ejemplo Diagrama de Control

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

3.6. Plantas de Agua

3.6.1 Plantas de Agua Fría

Una planta de agua fría es un sistema que enfría el agua de un edificio. El sistema electromecánico principal que enfría el agua se llama *Chiller*. Los *chillers*, según SUTECLI (2018), “absorben calor de un fluido a través de la compresión por vapor o bien por un ciclo de refrigeración por absorción. Se suelen utilizar para uso comercial y en procesos de enfriamiento de maquinaria.” Según la misma fuente, utiliza un refrigerante que va a absorber el calor del agua, para así enfriarla.

El agua fría de este sistema es luego utilizada por diferentes equipos que abren el flujo de agua a sus *coils* o serpentines, estas son tuberías en configuración de espiral que entran en contacto con un flujo de aire, y ocurre una transferencia de calor del aire al agua fría. El material de la tubería puede ser cobre, por ejemplo, y sirve de intermediario entre el agua y el aire para que ocurra este intercambio de calor. Así se enfría el aire que va a ser transportado a diferentes zonas del edificio, y el agua lleva el calor absorbido hasta el *chiller* para ser enfriada nuevamente. Una

planta de agua fría también puede tener torres de enfriamiento. Según Glaciar (2021), una torre de enfriamiento “es una máquina térmica utilizada para enfriar agua, mediante la evaporación de un pequeño porcentaje de la misma agua que se enfría (enfriamiento evaporativo).” Este equipo trabaja en conjunto con el *chiller* para enfriar el agua, pero no siempre es necesario. A continuación, se puede visualizar un ejemplo de una torre de enfriamiento en la siguiente ilustración.

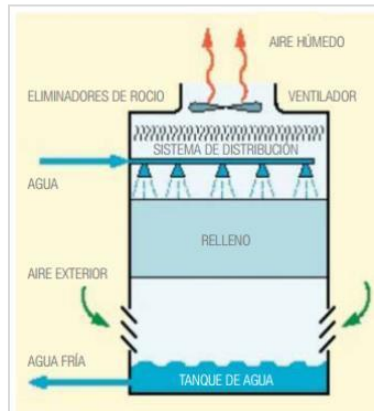


Ilustración 42: Torre de Enfriamiento

Fuente: GLACIAR (2021)

En la imagen se muestra un ventilador, que fuerza al aire húmedo a salir de la torre. Estos ventiladores pueden ser de velocidad constante o variable. Si es de velocidad variable, necesitará un variador de frecuencia (VFD), y estos dispositivos son proveídos normalmente por el contratista mecánico. Por parte del contratista de controles, en el caso de Johnson Controls, usualmente el VFD solo se integra al BAS por medio de cableado de control.

A continuación, se mostrará un diagrama de control de una planta de agua fría para analizarlo y determinar los controles que necesita. En el diagrama se pueden ver válvulas de control de tipo *isolation*, estas son válvulas de señal binaria, que solo abren o cierran el flujo de agua hacia y desde las torres. También se necesita dar un relé de tipo *command-status* para cada ventilador y un variador de frecuencia para modular la velocidad, al que se le extenderá cableado de control, por medio de una integración BACnet. Esta integración es simplemente cableado de control que ordena al controlador de un equipo, en este caso el VFD, mandar señales de control para inspeccionar dicho equipo. Las que recibe el ese controlador son monitoreadas por el BAS por medio de la integración. Estas órdenes y las señales recibidas son interpretadas por el BAS a través

del protocolo BACnet MS/TP o IP. La integración BACnet puede ser de 23 o 48 puntos a monitorear y controlar, en este caso se utilizaría la de 23 puntos porque el VFD no es un equipo que necesite tantos puntos a monitorear y controlar.

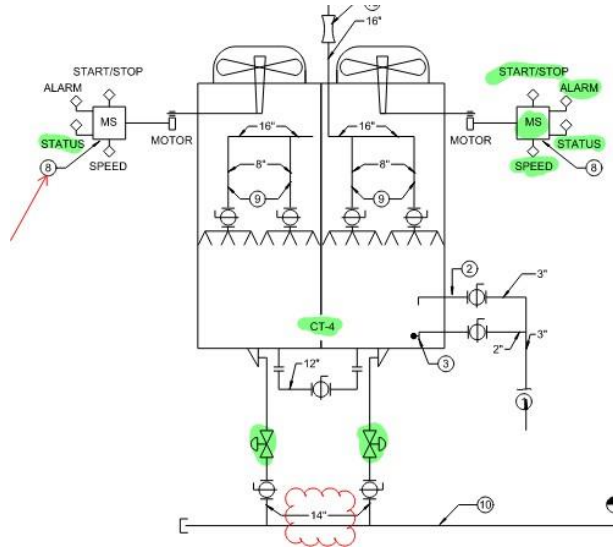


Ilustración 43: Diagrama de Control Torre de Enfriamiento

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

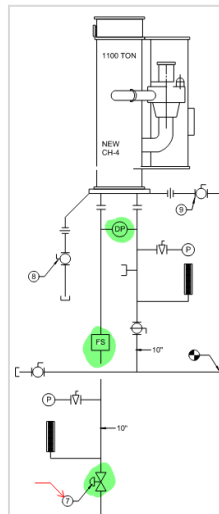


Ilustración 44: Diagrama de Control de Chiller

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

En este otro diagrama de control, se puede ver que se necesita un sensor de presión diferencial, que mide el diferencial de presión de la tubería de entrada y la de salida del *chiller*. También se

necesita proveer un *switch* de flujo de agua, que se va a accionar y mandar una señal binaria al BAS indicando que hay movimiento en el agua de la tubería. Una válvula de configuración 2-way y de 120 V es necesaria en este caso. Para esta válvula de control es necesario utilizar un relé para activarla, para proveer los 120 V.

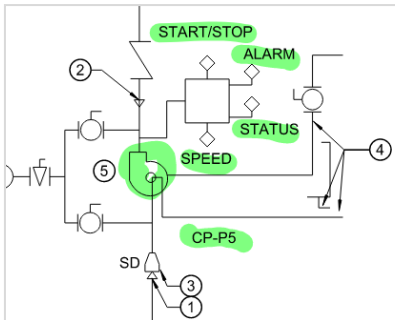


Ilustración 45: Diagrama de Control de Bomba de Agua

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

Este diagrama de control es para la bomba que hace fluir el agua hacia el *chiller*. Por el diagrama, se necesita un relé tipo *command-status*, ya que indica que es necesario para el BAS controlar el *start/stop* (encendido y apagado) de la bomba, así como monitorear el *status* (estatus de encendido o apagado). Por tener una entrada indicada como *speed*, se entiende que es necesario un VFD para modular la velocidad de la bomba, y a este se le extiende cableado de control.

3.6.2. Plantas de Agua Caliente

Una planta de agua caliente es un conjunto de tuberías, dispositivos de control, y equipos electromecánicos que calientan el agua de un edificio. El principal equipo que calienta el agua se llama *boiler*, conocido en español como caldera. Una caldera, según Abarca (s. f.), “es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica”. El agua caliente que sale del *boiler*, al igual que el agua fría del *chiller*, es dirigida a varios equipos que van a abrir sus válvulas de control para dejar pasar el agua por serpentines o *coils*, y transferir su

energía y calor al aire que entra en contacto con los *coils*. Este aire caliente, luego es dirigido a diferentes zonas del edificio según la demanda.

Los *boilers* también cuentan con válvulas de tipo *isolation* que reciben una señal binaria y cierran o permiten el paso del agua hacia y desde el *boiler*. Es común en estos equipos ver uno o varios botones de emergencia para apagar manualmente los *boilers* presentes en un cuarto mecánico. Las plantas de agua caliente, al igual que las plantas de agua fría, cuentan con válvulas de tipo *bypass*, que son válvulas que modulan el flujo de un sistema de tuberías a otro, estas válvulas reciben una señal de tipo analógica y pueden abrir y cerrar parcial o totalmente el flujo del agua. Los switches y sensores de presión diferencial también son utilizados, y estos pueden trabajar en conjunto con una válvula de *bypass*, trabajar independientemente para monitorear la presión entre un sistema de tuberías comparado con otro, y también para determinar el estatus de apagado o encendido de una bomba. A continuación, se mostrará una ilustración de un diagrama de control para ejemplificar como se vería en planos.

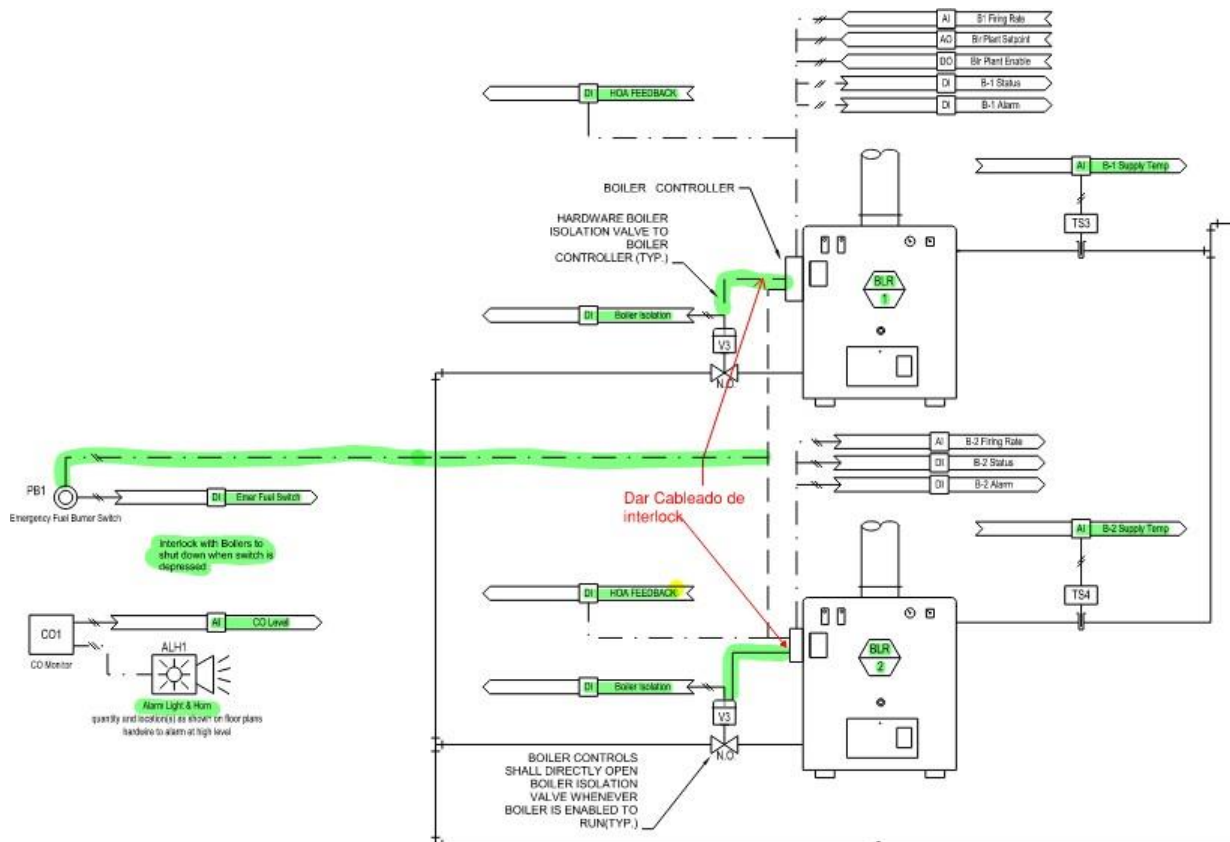


Ilustración 46: Diagrama de Control Planta de Agua Caliente

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

| En este diagrama de control se pide un botón de emergencia y una alarma de luz con sonido. Se muestra una línea discontinua desde el botón de emergencia hasta los dos *boilers*, esto significa que además de proveer el botón de emergencia, Johnson Controls debe de tomar en cuenta el cableado de este *interlock*. Un *interlock*, se refiere a cableado de control que va a funcionar como redundancia en el sistema, por si la señal que del BAS no sea obedecida por el sistema.

El *interlock* en genera, se utiliza como medida de seguridad en la mayoría de los casos. También se puede apreciar en el diagrama de control que se necesitan válvulas de tipo *isolation*, para parar el flujo de agua caliente de ser necesario. Se requiere dar sensores de temperatura para monitorear el funcionamiento del *boiler*, y también un HOA para cada uno de ellos. Un HOA por sus siglas en inglés *significa Hand-Off-Auto*, y es un dispositivo que permite pasar un equipo a modo manual y fuera del control del BAS. En este caso se pueden utilizar dispositivos con código H540 de Johnson Controls. El H540 es básicamente un relé tipo *command-status* que permite por medio de un interruptor tener control manual del *boiler*, en este caso.

Es importante hacer notar, que cada boiler tiene un controlador propio, que va a vigilar el funcionamiento interno de este. Es necesario integrar cada boiler al BAS por medio de una integración BACnet de 23 puntos para cada uno. Esto se debe a que se menciona que se necesita monitorear solo cinco puntos, y el mínimo de puntos para una integración BACnet son 23.

3.7. Unidad Manejadora de Aire o “AHU”

Una unidad manejadora de aire, en inglés *Air Handler Unit* (AHU), según THERMOMECHANIC S.A (2017), es “es el aparato fundamental en el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización, en cuanto a los caudales correctos de ventilación (aire exterior), limpieza (filtrado), temperatura (calentamiento o enfriamiento) y humedad (humectando en invierno y des humectando en verano).” Las manejadoras de aire pueden traer todos los controles y sensores necesarios para su funcionamiento, y solamente se les extiende una integración BACnet para integrarlas al BAS. Lo más común es que se tenga que proveer tanto con controles (relés, actuadores y válvulas de control), como con sensores y *switches*. A continuación, se mostrará un diagrama de control de una AHU para continuar con el análisis.

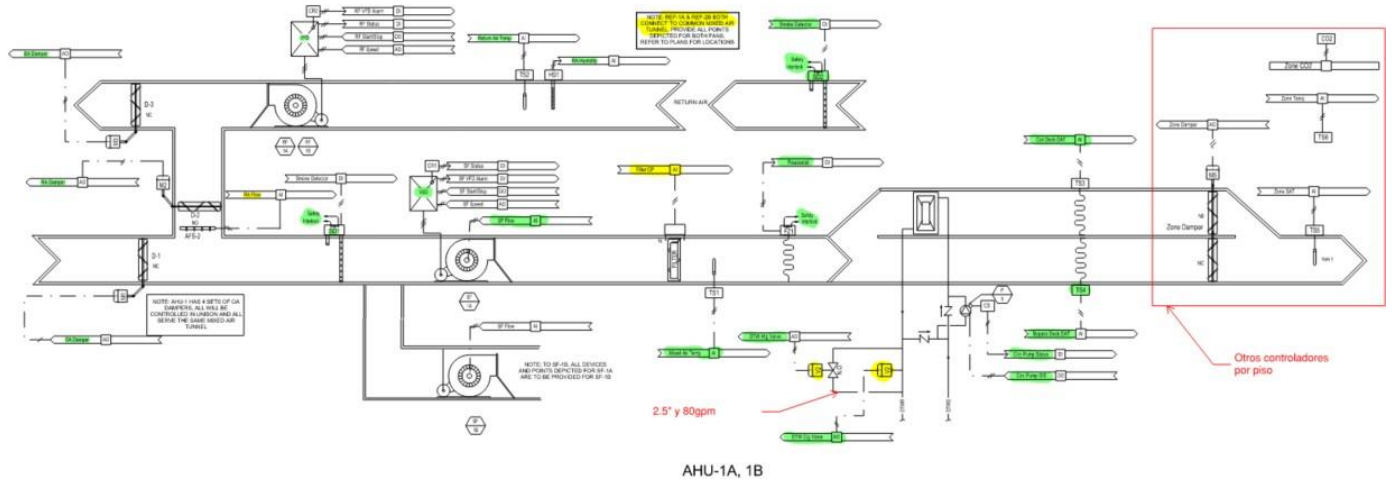


Ilustración 47: Diagrama de Control AHU

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

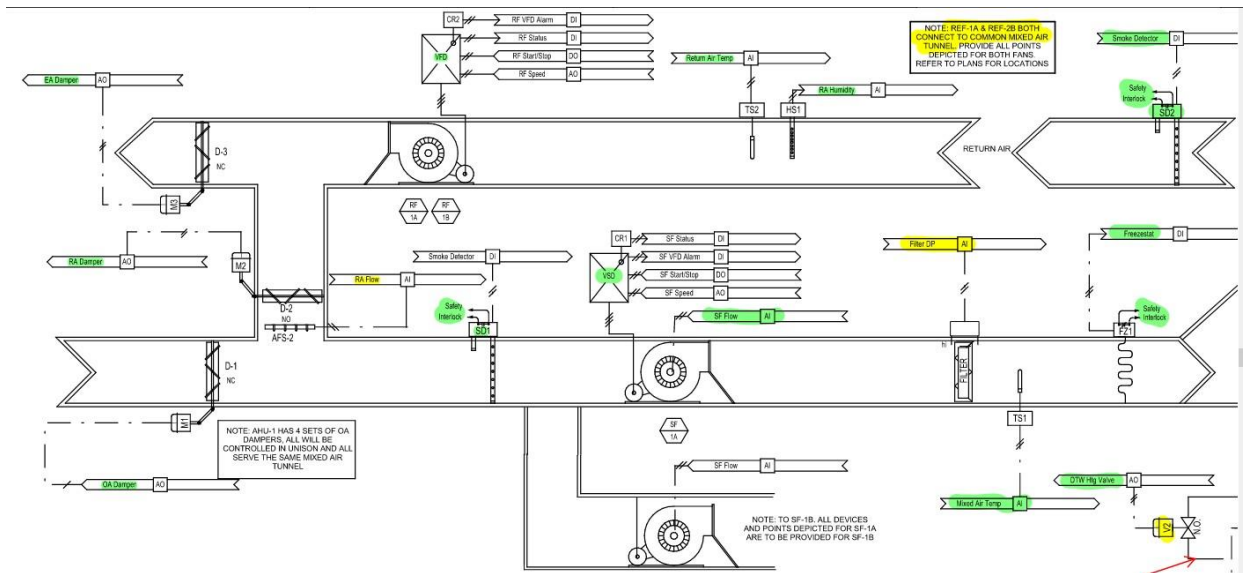


Ilustración 48: Diagrama de Control Agrandado

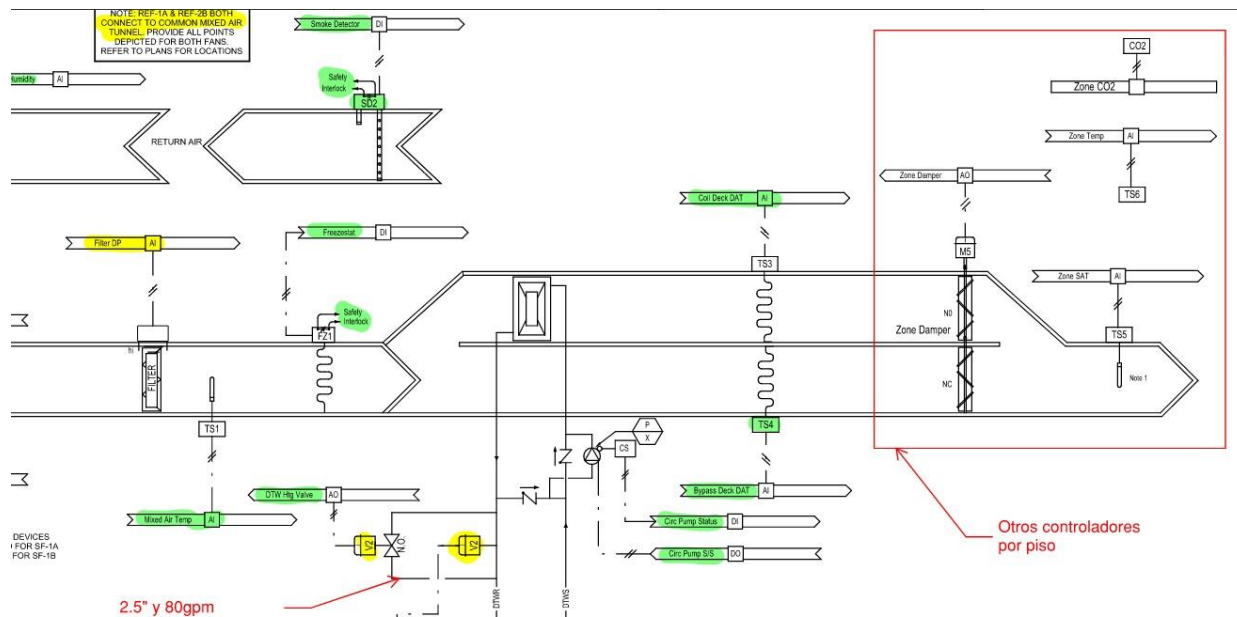


Ilustración 49: Continuación de Diagrama de Control Agrandado

Fuente de imágenes: Documentos internos de Johnson Controls

En el diagrama de control se puede visualizar tres *dampers*, uno para el ducto de aire exterior, otro para el ducto de aire de retorno y otro para el ducto de aire mixto. El ducto superior se llama el ducto de aire de retorno, este es el aire que va a ser extraído del edificio y que sale por el otro extremo del ducto al exterior del edificio. Parte de ese aire vuelve a entrar al edificio al pasar por el ducto de aire mixto (el ducto vertical) y mezclarse con el aire del exterior que pasa por el ducto inferior. La proporción de aire del exterior y aire de retorno que va a ser inyectado al edificio lo determina el BAS al controlar la apertura de estos tres *dampers*, que reciben una señal analógica para así modular la apertura. Esto se hace con el fin de “reciclar” la energía del edificio, es decir, el aire dentro del edificio que ya ha sido acondicionado según los parámetros del BAS, al mezclarse con el aire del exterior, reduce el trabajo que el BAS tiene que hacer para acondicionar nuevamente el aire del exterior. Por ejemplo, calentarlo, enfriarlo, añadir humedad o extraerla. En este caso, para medir el flujo del aire mixto, se utiliza un equipo denominado AFMS, que por sus siglas en inglés significa *Air Flow Measuring Station*, o Estación de Medición del Flujo de Aire en español. Este equipo puede también ser denominado como “AFS”, como es el caso del diagrama.

Si la AFMS es de tipo termal dispersión es necesario integrarla al BAS por medio de una integración BACnet, si no, simplemente se le extiende cableado para recibir la medición del flujo de aire mediante una entrada analógica. En el diagrama también se puede visualizar que los filtros de los ductos necesitan un sensor de presión diferencial para determinar cuándo hay que cambiarlos. Es importante notar que indican que es una entrada analógica, por lo tanto, sería un sensor de presión diferencial y no un *switch*, porque si fuera una señal binaria hubiese sido necesario colocar un switch de presión diferencial. También se puede visualizar en el diagrama un *Freezestat*, este es un *switch* que se activa cuando la temperatura baja más de una temperatura determinada. Este switch se utiliza para evitar que las serpentinas de agua fría se congelen, porque al congelarse se reventarían. Muchas veces, como en este caso, este dispositivo además de estar conectado al BAS por medio de una señal binaria que va a un controlador, también se cablea directamente a la válvula de control, para que se cierre cuando la temperatura baja más del nivel deseado, además de apagar la bomba de las serpentinas mostrada en el diagrama. Para esta bomba de las serpentinas es necesario incluir un relé tipo command-status para controlar y monitorearla. En el diagrama de control se puede visualizar que en este caso solo hay una serpentina que usa agua caliente mezclada con agua fría, y la proporción se determina por el grado de apertura de la válvula de agua fría y de la válvula de agua caliente. Normalmente hay una serpentina para el agua caliente y otra para el agua fría.

Es importante notar que los ventiladores de esta manejadora de aire tienen variadores de frecuencia, para variar la velocidad de este. Por razones de seguridad, es necesario incluir un *switch* de presión alta que se dispare si la presión en el ducto excede un nivel seguro, aunque este no este mostrado en el diagrama de control. Esto sucede porque al poder aumentar la velocidad del ventilador, la presión puede subir a un nivel tal que el ducto no aguante y estalle. Los sensores de humo normalmente no son incluidos por Johnson Controls, solo si se piden específicamente. En este caso solamente se debe incorporar la entrada binaria al controlador y dar un cableado extra de seguridad, denominado *safety interlock* en el diagrama de control.

| Nótese que el aire de inyección sale de la manejadora de aire por dos ductos diferentes, uno tiene un ventilador de velocidad constante y otro de velocidad variable. El ducto con el ventilador de velocidad variable lleva al aire a las serpentinas de agua y el cuadro rojo indica una sección típica que se repite en varios niveles del edificio. Esta sección típica necesita medir la temperatura

de zona y la concentración de CO₂ de zona, por lo tanto, por cada sección típica se puede incorporar un sensor tipo *Network Sensor* de temperatura y CO₂, que iría conectado al SA Bus del controlador. Además, se necesita controlar un juego de dos *dampers* y medir la temperatura de descarga de ducto. Por lo tanto, por cada piso se recomienda incluir un controlador que se ocupe de los puntos de cada sección típica. Este análisis se hizo para ejemplificar como analizar un diagrama de control de una AHU, para incluir los controles necesarios.

3.8. Unidades Terminales o *Terminal Units*

Se puede clasificar como unidad terminal un equipo al final de un ducto, que regula el flujo de aire y/o lo acondiciona al subirle o bajarle la temperatura y/o la humedad antes de este llegar a la zona deseada. Para efectos de clasificación de equipos en *Solution Navigator*, también se puede incluir en la sección de unidades terminales equipos que no están en los ductos pero que acondicionan el aire. A continuación, se verán varios ejemplos de unidades terminales en ductos y sin ductos para efectos de controles.

3.8.1. Variable Air Volume Unit (VAV)

Una VAV es una unidad terminal que varía el flujo de aire mediante el control de un damper de señal analógica, y también puede calentarlo mediante un calentador eléctrico o por medio de un serpentín con una válvula de control proporcional (Barber, 2018). El único controlador que se utiliza para esta unidad terminal es el controlador M4-CVM3050-0. Este controlador ya tiene integrado un medidor de flujo de aire y un actuador para modular la apertura el damper de control. También es importante saber que no necesita un panel de control, ya que el controlador va dentro de la unidad en un compartimento. A continuación, se puede visualizar en la imagen un diagrama de control de una VAV.

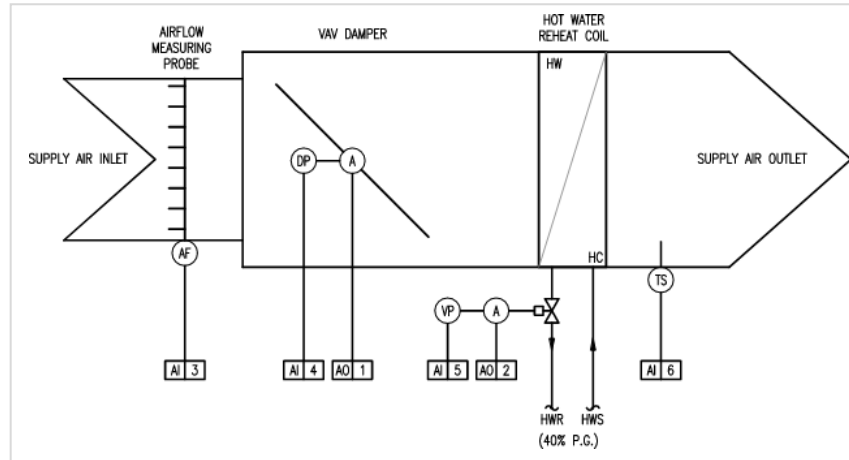


Ilustración 50: Diagrama de Control de una VAV

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

En esta ilustración se muestra que se necesita un sensor de flujo de aire, un actuador para el damper, un sensor de temperatura y una válvula de control para el agua caliente. Como se había mencionado, ya el CVM de las VAVs tiene integrado el sensor de flujo y el actuador, entonces solo es necesario incluir la válvula de control y el sensor de temperatura del aire de descarga. Si se necesitara que el BAS tenga retroalimentación de la posición del actuador, entonces se utilizaría el controlador M4-CVM3050-0P.

3.8.2. Unit Heater

Un “Unit Heater” es una unidad que calienta el aire de zona mediante una resistencia o agua caliente. En el caso de calentar por resistencia y solo necesita una señal binaria para activarla, se podría dar un termostato TEC. Si se calentara el aire utilizando un serpentín de agua caliente, se utilizaría una válvula de control que sería controlada por el TEC. Este equipo también puede tener un ventilador, que necesitaría un relé tipo *command* o *command-status* que iría cableado al TEC. Otra opción para controlar este equipo, en caso de que solo se necesite controlar o el ventilador o la resistencia, se puede utilizar un termostato tipo “line voltaje”. Este es un aparato con mecanismo de control totalmente mecánico, sin conexión alguna al BAS. Funciona activando contactos de 120v o 240v. En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de un diagrama de control para este equipo.

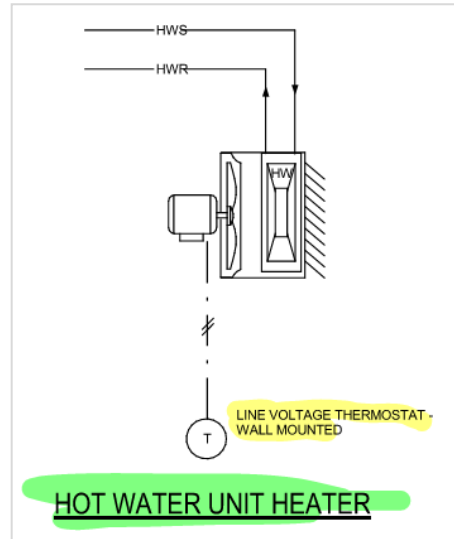


Ilustración 51: Diagrama de Control de Unit Heater

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

En este diagrama de control se puede ver que en este caso el unit heater calienta por medio de un serpentín de agua caliente, pero no necesita una válvula de control, solo se necesita controlar el ventilador que fuerza aire contra los serpentines para calentarlo. En este caso se pide un termostato tipo *line voltage*, que activa el ventilador cada vez que la temperatura baja de cierto punto.

3.8.3. Fan Coil Unit (FCU)

Un *Fan Coil Unit*, es una unidad terminal que puede controlar un *damper*, y calienta o enfría el aire por medio de serpentines. También puede calentar el aire por medio de una resistencia. Este equipo al igual que la VAV no necesita un panel de control, ya que el controlador es integrado en un compartimento del mismo equipo. A continuación, se muestra un diagrama de control de este equipo.

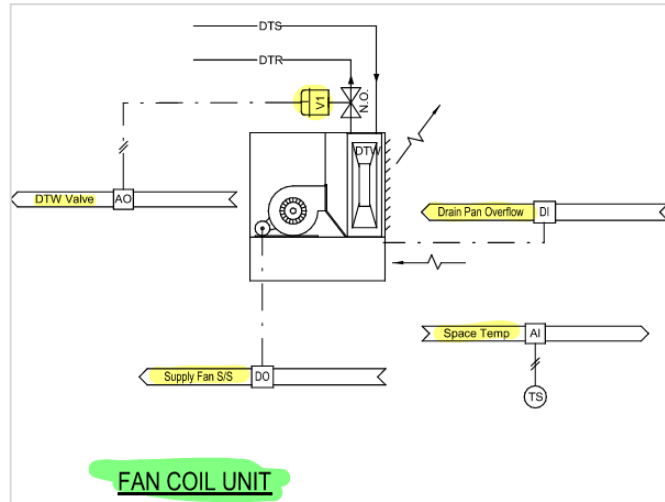


Ilustración 52: Diagrama de control de un FCU

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

Este diagrama de control indica que en este caso es necesario una válvula de control para regular el flujo de agua caliente del serpentín. Se sabe que es una válvula tipo proporcional porque la señal es una salida analógica. También es necesario controlar el ventilador por medio de un relé tipo *command*, porque no se está pidiendo el estatus de este. También se necesita un *switch* que indica cuando se llena el recipiente de condensado y un sensor de zona. El sensor de zona es un *network sensor* por *default* en *Solution Navigator*, y este va conectado al SA Bus del controlador.

3.8.4. Hot Water Convectector

Este equipo es uno de varios otros equipos que solamente necesita una válvula de control que regula el flujo de agua caliente, y calienta el aire de zona por medio de radiación térmica, porque no utiliza un ventilador que fuerza aire a través de este. A continuación, se muestra un diagrama de control de uno de estos equipos.

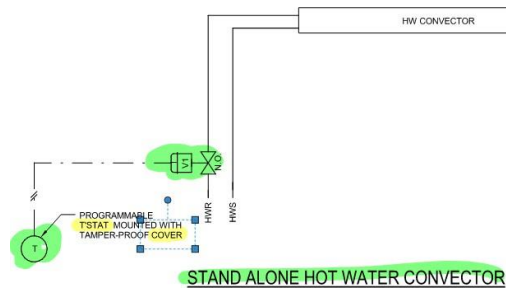


Ilustración 53: Diagrama de Control de Hot Water Convector

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

3.8.5. Variable Refrigerant Flow (VRF)

Un ciclo de refrigeración con *indoor units* (unidades internas) y *outdoor units* (unidades externas), utiliza un líquido refrigerante que absorbe calor de las unidades internas, y por ende de las zonas del edificio en donde estas se encuentran, y este líquido se evapora. Luego este vapor es transportado afuera del edificio a las *outdoor units*, en donde se condensa y libera el calor al medio ambiente. Este ciclo de refrigeración es utilizado el VRF, pero varias indoor units utilizan una misma *outdoor unit*, y se tiene un controlador propio del VRF llamado *master controller* que administra el flujo de todas las indoor units según la demanda de extracción de calor de cada zona. (Bhatia, s. f.)

Existen dos opciones de controles para este equipo que son las siguientes:

1. Cada indoor unit trae su propio termostato: Es necesario dar el cableado de control de cada termostato a su indoor unit, de las indoor units a las *outdoor units*, y para el *master controller*. Se da una integración BACnet por cada indoor unit, para así contemplar el costo de instalación del sistema en *Solution Navigator*.
2. Las *indoor units* no traen termostato: Se incluye un controlador TEC por cada *indoor unit* y se da el cableado de control de las indoor units a las outdoor units y para el *master controller*.

Es importante saber que un sistema de VRF cuenta como un solo controlador a la hora de contar todos los controladores del proyecto para seleccionar un controlador supervisor, porque solo el *master controller* del sistema se conecta al BAS.

3.8.6. Split Air Conditioning Unit

El sistema *split* de aire acondicionado consta solamente de una *indoor unit* y su *outdoor unit* correspondiente. Para estos equipos normalmente solo se da el cableado de control para unir el termostato de fabrica con la *indoor unit* y el cableado de control de la *indoor unit* a la *outdoor unit*. Si es necesario darle un termostato, se da un controlador TEC por cada unidad y solamente se contempla el cableado de a la *outdoor unit*. la *indoor unit*

3.9. Exhaust Fans (Ventiladores de Extracción)

Los ventiladores de extracción de aire normalmente se controlan solo mediante un relé tipo *command-status*, que va cableado a un controlador, pero puede tener más controles asociados, como por ejemplo en el diagrama de control mostrado.

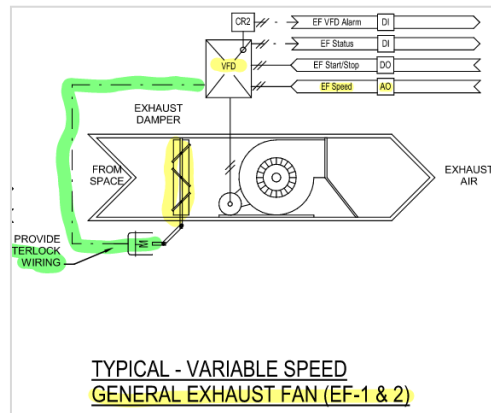


Ilustración 54: Diagrama de Control de un Ventilador de Extracción

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

En este diagrama se muestra que se necesita un relé tipo *command-status* para monitorear y controlar al ventilador, pero también se necesita una salida analógica para controlar al variador de frecuencia que va a variar la velocidad del ventilador. Además, se necesita un actuador para controlar el *dampers* de control. Este tipo de *dampers* se muestra con un *interlock*, entonces solo se puede poner un actuador de tipo *on/off*, y se asume que la señal de control es de 120 v, porque al encenderse el ventilador, se acciona el actuador.

Es importante saber que a los ventiladores de los baños de hoteles o apartamentos no se les da controles, ya que estos van a ser controlados por un switch de luz. Existen algunos ventiladores

extractores que son controlados por un *switch* que es necesario monitorear su operación, entonces se da solamente un sensor o switch de corriente, dependiendo de lo que se requiera. Por ejemplo, el siguiente diagrama de control ilustra este caso.

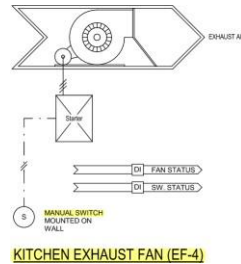


Ilustración 55: Diagrama de Control de Ventilador con Switch

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

3.10. Sistemas Misceláneos o *Miscellaneous Systems*

El sistema misceláneo consiste en agrupar todos los dispositivos de control que no pertenezcan a ninguna de las divisiones anteriores. Por ejemplo, se incluirían los sensores de humedad y temperatura de aire exterior. Es importante saber que al agregar un sensor de humedad exterior no es necesario agregar un sensor de temperatura exterior, ya que el de humedad también mide la temperatura. El sensor de humedad o temperatura exterior se agrega como un sensor global en el edificio, o sea, si varios equipos necesitan este dato según sus diagramas de control, listas de puntos y/o secuencias de operación, solo es necesario incluir estos sensores en el sistema misceláneo una vez, y esta información será integrada al BAS y utilizada por todos los equipos que la requieran. La siguiente lista de puntos a monitorear es un ejemplo de controles misceláneos. Para este caso, si solo se pide monitorear los puntos, solamente se incluye el cableado de control para dichos puntos.

<p>EMERGENCY SYSTEM MONITORING: BAS SHALL MONITOR THE FOLLOWING EMERGENCY SYSTEMS AS ALARM POINT: 1. EXISTING FIRE ALARM SYSTEM 2. EMERGENCY GENERATOR.</p> <p>COORDINATE WITH ELECTRICAL SUBCONTRACTOR FOR THE NECESSARY PROVISIONS IN ELECTRICAL SYSTEMS</p>	<p>PLUMBING SYSTEM MONITORING: BAS SHALL MONITOR THE FOLLOWING POINTS OF THE NEW PLUMBING SYSTEM:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. DOMESTIC BOOSTER PUMP DISCHARGE PRESSURE 2. DOMESTIC HOT WATER HEATER OUTLET TEMP. 3. TMV OUTLET TEMP. 4. DOMESTIC HOT WATER RETURN TEMP. 5. DOMESTIC HOT WATER RECIRC STATUS. 6. SUMP PUMP HIGH ALARM <p>COORDINATE WITH PLUMBING SUBCONTRACTOR FOR THE NECESSARY PROVISIONS IN PLUMBING PIPING.</p>
--	--

Ilustración 56: Ejemplo de Puntos Misceláneos a Monitorear

Fuente: Documentos internos de Johnson Controls

Otro ejemplo de controles misceláneos son los medidores de corriente, agua y gas. Puede ser que se requiera dar estos medidores solo si se pide explícitamente por el cliente, sino solamente se da el cableado o una integración BACnet para integrar la medición de estos medidores al BAS. Los medidores que se tendrían que incluir en el presupuesto son medidores para monitorear el consumo energético del edificio, no sería el medidor de la compañía de luz, agua o gas.

CONCLUSIONES

- I. En el presente trabajo de investigación, se logró crear una guía que presenta, de forma ordenada y concisa, los temas más importantes y recurrentes de materia técnica del sistema Metasys, dirigida al ingeniero de diseño para Johnson Controls en el Costa Rica COE (Center of Excellence o Centro de Excelencia). Mediante la pesquisa se logró reunir información de varias fuentes, con el propósito de que el profesional no pierda su tiempo si lo hace de manera individual. La idea de esta guía es funcionar como una especie de antología técnica, para ayudar a los ingenieros a consultar de manera rápida y evacuar dudas básicas de diseño o de concepto.
- II. Se logró especificar de manera gradual y ordenada los conceptos para entender el funcionamiento de un BAS, sistema de automatización de edificios, específicamente el

sistema Metasys. Se presentó en la guía los diferentes tipos de controladores existentes, los controladores supervisores y los de campo. También se logró explicar cada una de las partes importantes de la estructura de la red de Metasys, desde los servidores que guardan toda la información del sistema y las interfases de los usuarios, hasta los sensores de campo. Al haber especificado las partes de un BAS, específicamente Metasys, se pretende que los ingenieros tengan un manejo básico del mismo para realizar los diseños.

- III. Se determinó de manera clara cómo seleccionar cada tipo de controlador supervisor, de acuerdo con las necesidades de diseño del proyecto. También se determinó qué clase de controlador de campo se utilizaría en cada caso y para cada equipo, y qué se necesita para su correcta instalación, ya sea un panel, para montarlo en una pared, o introducirlo en un compartimento dentro del equipo.
- IV. Se logró establecer en el trabajo de investigación, cuáles son los sensores y dispositivos de control más comunes en los diseños de Metasys; así como cuáles son los códigos respectivos a esos sensores y dispositivos de control, para poder tener una idea de cómo se clasifican según su uso, y para reconocerlos a la hora de su selección. Esto es especialmente importante saberlo, porque hay casos en los que solo con el código se debe reconocer qué tipo de sensor es, por ejemplo, cuando un producto salió del mercado y hay que remplazarlo por otro nuevo.
- V. Para poder entender cómo se controla cada uno de los equipos se presentó primero el funcionamiento mecánico básico de ellos, para así poder presentar cuáles controles necesitarían. Se logró describir las diferentes opciones de controles más comunes, en caso de haber más de una, para los equipos que así lo puedan requerir, por ejemplo, los VRF (*Variable Refrigerant Flow Units*). También se profundizó en las preferencias específicas de diseño de la empresa para la selección de válvulas de control, y se pudo dar algunas recomendaciones y preferencias de diseño para los equipos.
- VI. Se logró exponer diferentes recomendaciones de cómo diseñar los sistemas de control y/o cuales dispositivos de control utilizar, de acuerdo con las diferentes circunstancias. Esto es realmente importante, porque es la manera en que la compañía confecciona sus diseños, y basado en eso es que se va a determinar el rendimiento de los ingenieros de diseño. Adicionalmente a las recomendaciones expuestas a lo largo de toda la guía, también se

- expusieron recomendaciones adicionales. Estas recomendaciones son importantes, porque describen ciertos problemas de diseño comunes, y cómo resolverlos de la mejor manera.
- VII. La creación de esta guía pretende ayudar a Johnson Controls a definir cuáles temas deben presentarse en los entrenamientos, porque actualmente el ingeniero que los imparte tiene total libertad de escoger qué material enseñar. Al estandarizar estos temas y definir el orden en que se presentan, se podrá reducir la cantidad de “lagunas” de aprendizaje que van quedando en los nuevos ingenieros, al omitir ciertos temas o simplemente por no profundizar lo suficiente en aquellos básicos, al asumir que ya fueron vistos en la universidad. De esta manera se pretende dar un repaso general y que los ingenieros, tanto eléctricos, mecánicos, electromecánicos y mecatrónicos, logren entender cómo funciona Metasys y todos sus componentes básicos. Al lograr esto se pretende incrementar la eficiencia de los ingenieros al reducir el tiempo necesario de entrenamiento. Esto va a disminuir costos a la empresa, porque se utilizaría menos tiempo en entrenar a los nuevos ingenieros y rápidamente se verían resultados reales de la inversión de ese entrenamiento.
- VIII. Al reducir el número de errores en los diseños de control y los estimados, los ingenieros de ventas van a necesitar menos tiempo para revisarlos y corregirlos, y así podrán concentrarse en ganar más licitaciones para Johnson Controls. Así, esta guía pretende incrementar la eficiencia desde la creación del estimado hasta ganar la licitación del proyecto. Lo anterior, con el propósito de incentivar el crecimiento del COE en Costa Rica, porque al ganar más proyectos se necesitarán más ingenieros de diseño.
- IX. También se pretende reducir la cantidad de despidos y renunciaciones del COE, al disminuir la frustración de los ingenieros de diseño al no manejar los temas básicos necesarios para realizar el trabajo. La guía también pretende que los ingenieros, al aprender más rápidamente la materia técnica, puedan, en un periodo de tiempo más corto, dedicarse a aprender nuevas habilidades blandas para su desarrollo profesional.

RECOMENDACIONES

A continuación, se presentarán algunas recomendaciones adicionales para el buen desempeño en el puesto de ingeniero de diseño, por la experiencia adquirida en Johnson Controls.

Primero se recomienda definir que necesita el proyecto y armar una lista de preguntas para el ingeniero de ventas.

1. Recolectar información básica y llenar la lista de puntos recomendada, en la sección de anexos.
2. Leer bien la descripción del proyecto proporcionada por el ingeniero de ventas, porque ahí viene información clave que puede hacer una gran diferencia y ahorrarles mucho tiempo. Por ejemplo, si a los equipos solo hay que darles una integración BACnet, se ahorrarían el tiempo que implica tener que armar todo un sistema enorme. O también ahí les dirían si se necesita un RFP (*Request for Pricing*) o un RFQ (*Request for Quote*).
3. Buscar primero si hay sección 230900 o la respectiva sección de controles en las especificaciones técnicas. Si no hay, es importante revisar lo siguiente:
 - a. BACnet MS/TP will be used as the communications protocol for the field controllers.
 - b. One (1) ADS server will be included as a deactivated product.
 - c. One (1) PC as OWS and one (1) report printer will be included as deactivated products.
4. Si no hay algún diagrama de control, secuencia de operación o lista de puntos, asumir de una vez controles básicos y declararlo en el RFI.
5. Los controles tienen que ir basados en controles básicos de *Solution Navigator* y la información que haya disponible.

Ejemplo: Las AHUS necesitan tener *high air duct pressure switches*, más que todo cuando tienen VFDs. Los *Low temperature alarms* se incluyen cuando se usa agua en los serpentines de enfriamiento. Esto es para que no se explote la tubería si se congela. No se necesita *un low temperature alarm* si se usa refrigerante.
6. En el RFI (*Request for Information*) que es un documento formal de preguntas, lo mejor es no pasarse de diez cuestionamientos. Esto va a ayudar a que el ingeniero de ventas responda más rápidamente.
7. Hacer preguntas que van a impactar el precio del proyecto, o que implicaría un gran cambio y uso de horas. Lo demás se toma una decisión y se pone el *risk log* (documento formal donde se documenta la toma de decisiones del proyecto)

8. Se recomienda asumir siempre una posición en el RFI y pedir confirmación, solo hacer una pregunta si de verdad no se tiene el criterio para dar una posible solución.

Segundo, se recomienda armar los sistemas en *Solution Navigator*

Cuando no hay información de los sistemas y equipos:

1. Si se piden controles para un equipo de enfriamiento, pero solo salen los CFM (flujo en pies cúbicos por minuto) y no salen GPM (flujo en galones por minuto) y no especifican que se necesita una válvula de control ni que el equipo utiliza un serpentín de enfriamiento o calefacción, no se dan controles. Si para la calefacción sí salen los GPM asuma la válvula de configuración 3-way y deje una 2-way apagada o al revés, y documente en *el risk log*. Si la calefacción es eléctrica y se da solamente una salida analógica utilice un SCR, y si no, entonces sería *staged Heating* (calefacción por etapas) y se daría un relé tipo *command* para cada etapa de calefacción.

2. Se recomienda investigar si las unidades terminales traen controles o no, y verificar el alcance de esos controles para seleccionar un controlador adecuado en caso de que se necesite darlo.

Por ejemplo, si una unidad terminal solo enciende y apaga una resistencia para calefacción sin modulación, puede funcionar un *line voltage thermostat* (termostato mecánico a 120 v). Pero si controla un *damper*, y tiene *staged heating* y *cooling* (calefacción y enfriamiento en etapas) se necesita un TEC y relés de tipo *command* para cada etapa.

3. Si se tiene una secuencia de operación complicada o se necesitan más controles de los que puede manejar un TEC, se utilizaría un controlador CGM.

Cuando hay información de los sistemas y equipos:

1. Siempre se arman los sistemas en *Solution Navigator* de acuerdo con la lista de puntos y diagrama de control, pero es importante luego leer la secuencia para ver si no hay algo más que no se mencionó.

2. Siempre se debe tener en cuenta detalles de las especificaciones técnicas, por ejemplo, si se necesitan *protectors* (protección de sobre corriente), UPS (*Uninterrupted Power Supply*) o si el contratista mecánico va a proveer los transformadores de control. Estos son detalles importantes que afectan directamente el monto total del estimado.

Recomendaciones Generales de Diseño:

1. Siempre revisar si hay controladores disponibles en cada sección del edificio o nivel para manejar sistemas misceláneos. No se necesita saber exactamente la cantidad de I/Os (salidas y entradas) disponibles, pero sí es necesario tener una idea de lo que está disponible para manejar esos sistemas.
2. Si hay muchos equipos en un piso, y, por ejemplo, se necesitan tres XPMs (módulos de expansión), es mejor separar el sistema y poner otro controlador. Esto se hace para distribuir la carga y porque los módulos de expansión y los controladores tienen precios parecidos.
3. Cuando hay muchos equipos, lo mejor es hacer un *Take-Off* (documento formal de conteo de equipos en el edificio) para poder tener una idea más clara de en cuantos pisos o áreas se trabaja, cuantos equipos hay en total y si coincide con el número de equipos en los *schedules* (cuadros resumen en los planos). También se hace para determinar más fácilmente cuántos controladores hay disponibles en el proyecto para incluir los sistemas misceláneos
4. Es importante saber que las notas en los planos son para el contratista mecánico, excepto cuando dicen específicamente que son del contratista de controles.

Se recomienda seguir las siguientes recomendaciones para tener un buen manejo del tiempo de trabajo

1. Empezar primero a armar los sistemas más pesados, para tener tiempo de pedir ayuda, ya sea por falta de conocimientos técnicos, o porque se necesita un ayudante. Es importante

tener en cuenta que las AHUs (manejadoras de aire), las plantas de agua y las unidades terminales complejas son los equipos que realmente van a determinar el tiempo que un ingeniero va a tardar en crear un estimado.

2. Calcular más o menos cuatro horas máximo para armar, en *Solution Navigator*, dos plantas de agua, dos AHUs, una unidad muy grande de alta complejidad o un sistema nuevo que requiere de investigación por parte del ingeniero.
3. Calcular 4 horas máximo para armar, en *Solution Navigator*, de 2 a 4 unidades terminales de complejidad alta.
4. Siguiendo estas recomendaciones, se puede aproximar y calcular las horas hombre necesarias para un proyecto, y así, determinar, si se cuenta con el tiempo suficiente o si se necesita ayuda para terminar el estimado.

BIBLIOGRAFÍA

Abarca, P. A. (s. f.). *Descripcion de Calderas y Generadores de Vapor*. ACADEMIA.

Recuperado 3 de abril de 2022, de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52068970/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1649031267&Signature=Wj7mvME63FjnixW8ZAIEIczuKmZzltZfv9Gig3~8rWeXJRzowOBCSLKnp66Zkzr87m~1C3-ocZtbk6pKXo9Ow7GqR60Xb0YLRiDarKqid0B~~Nx-MSFPbrW313qN0IDT0QeHKUr5dHrmljTZF3-gwDxGYQaHaO2tmr7gU5vuzgrhRBr~3XQwkNcJkF09G2ZdK2hGsjHdl3ET9Fwr-wX407J0mxxdCLTIc95wHMhdF1ak7GxYojHcb~y1~wU8gBJ0o9EES0cMLsImULRYUINVuCI3yQlmE26B8q3pP719sXwEBeA5JSXCYvghCS5LUenzZJPjquatr9whcvyilszA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

AVS. (s. f.). *Electric WRAS brass ball valve with basic AVA compact actuator* [Ilustracion].

AVS. <https://actuatedvalvesupplies.com/en-us/p/electric-wras-brass-ball-valve-with-basic-ava-compact-actuator/>

Barber, C. (2018, 4 septiembre). *¿Cómo funcionan las cajas VAV?* Puro Motores. Recuperado 10 de abril de 2022, de <https://www.puromotores.com/13121860/como-funcionan-las-cajas-vav>

Bhatia, A. (s. f.). *HVAC Variable Refrigerant Flow Systems*. CED engineering. Recuperado 11 de abril de 2022, de

<https://www.seedengr.com/Variable%20Refrigerant%20Flow%20Systems.pdf>

BROUDY PRECISION. (s. f.). [Facility Explorer CGM And CVM Equipment Controllers].

BROUDY PRECISION. <https://www.broudyprecision.com/facility-explorer-cgm-and-cvm-equipment-controllers/>

Cruz, C. C. (2009, 1 septiembre). *Valvulas para tuberias*. ACADEMIA. Recuperado 31 de marzo de 2022, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33242910/19248899-Valvulas-para-tuberias-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1648787033&Signature=CtrKGV6E6wVZi04ItLHCEKHCjQkI1GrK6t-WLplxMq39YcIlK9Ew4SIDfdpHPix2YwlOUAMdrErn9fhJLTtacr08BILOfprCKi7aRogwzdQHOMvLAODu0KgPL7xwSOy9Qu9JsYEr7UsPy9po9zrQrZsHH4E1BS~RM6NfF-NKL3Tbh7nG9G~hGC3~WPsYR8ox7-3OFLq~eeTDrpM7sez4TtP0mOiaS-pYn-2wuR6QdWJeR7HnvLVNcI3YW~sG0L6nnY2swpAuyEhPKsyy~SDrRWXr6yC5kxp7oJ~f4pp4wVPo5yO92AmWyyoLnM~2FltCKyNL5T-oG9FH-PjuoYbw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

EBTRON. (s. f.). *GTX116e-P-Probe-Family-0001* [Ilustracion]. EBTRON.

<https://ebtron.com/product/gtx116e-p/>

EMC. (s. f.). *Metasys* [Ilustracion]. EMC. <https://www.emccontrols.net/products/metasys>

Fluid Velocity Measurement Using a Pitot Tube (Pitot Static Tube). (s. f.). Bright Hub

Engineering. Recuperado 28 de marzo de 2022, de

[https://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/58382-how-to-measure-fluid-velocity-with-a-pitot-](https://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/58382-how-to-measure-fluid-velocity-with-a-pitot-tube/#:~:text=Static%20pressure%20is%20what%20is%20commonly%20called%20s)

[tube/#:~:text=Static%20pressure%20is%20what%20is%20commonly%20called%20s](https://www.brighthubengineering.com/hydraulics-civil-engineering/58382-how-to-measure-fluid-velocity-with-a-pitot-tube/#:~:text=Static%20pressure%20is%20what%20is%20commonly%20called%20s)
imply,opening%20that%20is%20parallel%20with%20the%20fluid%20flow.

GLACIAR. (2021, 4 mayo). *¿Qué es una torre de enfriamiento?* Glaciar Ingeniería S.A.S.

Recuperado 2 de abril de 2022, de <https://glaciaringeneria.com.co/torre-enfriamiento/>

Integra Academy. (s. f.). *Tipología de cableado en instalación de control de acceso* [Ilustración].

Integra Academy. <https://integracademy.com/buenas-y-malas-practicas-en-instalacion-de-control-de-acceso-al-usar-cableado/>

Johnson Controls. (s. f.-a). *Example of an MS/TP communications Bus* [Ilustración]. Johnson

Controls. https://cgproducts.johnsoncontrols.com/met_pdf/12011034.pdf

Johnson Controls. (s. f.-b). *Our Founder*. Recuperado 15 de abril de 2022, de

<https://www.johnsoncontrols.com/about-us/history/our-founder>

Joseph, J. J. (2018). *Building Management System - an overview* | *ScienceDirect Topics*.

ScienceDirect. Recuperado 19 de marzo de 2022, de

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/building-management-system#:~:text=Building%20Management%20System%20The%20building%20management%20system%20%28BMS%29,set%20points%29%20and%20the%20control%20of%20their%20functionality.>

Metasys Software. (s. f.). Johnson Controls. Recuperado 20 de marzo de 2022, de

<https://www.johnsoncontrols.com/building-automation-and-controls/building-management/building-automation-systems-bas/metasys-software-and-servers#:~:text=Metasys%20%20C2%AE%20software%20functions%20as%20a%20complete%20family,that%20provide%20coordinated%20control%20over%20your%20building%20%E2%80%99s%20systems.>

Metasys System Product Bulletin. (s. f.). Johnson Controls. Recuperado 20 de marzo de 2022, de <https://docs.johnsoncontrols.com/bas/r/Metasys/en-US/Metasys-System-Product-Bulletin/11.0/System-architecture/Distributed>

Miyara, F. (2004). *CONVERSORES D/A Y A/D* (Segunda ed.) [Libro electrónico]. Recuperado 27 de marzo de 2022, de <https://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/da-ad.pdf>

Olivares, N. (2011). *Sensores y actuadores en motores* [Libro electrónico]. Recuperado 28 de marzo de 2022, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52326408/APUNTE_SENTORES_Y_ACTUADORES-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1648522735&Signature=Im-Q7ep8MeiWyDx3xwvWMRa0G6O2JLJ1eFvoHYr98MT6Cjva~CEKhIOfzIMa6rQLYAyq1K6cuLZ2cH8ifuZ6h3hkdtBfEJAin4N-qyQCna2HxJbG9e9KYZAPfg-MbGD1PYniSIBuxnkrk5FKpeNI1Xz1hXy-AxABpDUSE9UgzF3RS9nYpzR72JIpVHEvKw4ksXF2U95caiz9t7pdyU93yqCbG84Vl6kWePwNDjebFYUbiUkuzR9rWwatf3LLfnx7QIBH91wRUmsPIR8R4Ud8rAUXiu8QgG~R0zq-0PvmtHv-IFnN8ExC-uW~PdS8JI0JfYu~D1hmeSB2r-0C1p2B1A_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

París, A. P. (2003, 15 noviembre). *Relés electromagnéticos y electrónicos. Parte I: relés y contactores / Vivat Academia. Revista de Comunicación*. VivatAcademia. Recuperado 29 de marzo de 2022, de <https://www.vivatacademia.net/index.php/vivat/article/view/373>

Phongchit, N. (2016, 21 julio). *What is the difference between BACnet, Modbus and LonWorks?* Setra. Recuperado 20 de marzo de 2022, de <https://www.setra.com/blog/what-is-the-difference-between-bacnet-modbus-and-lonworks#:~:text=Building%20Automation%20Controls%20Network%20%28BACn>

et%29%3A%20BACnet%20is%20a,industrial%20automation%20systems%20specificall
y%20for%20connecting%20electronic%20equipment.

Senales Analogicas. (2012, 13 abril). [Ilustracion]. Caracteristicas de Las Senales Analogicas.

<https://es.slideshare.net/mapaloru/seales-12531098>

Shop Transmitter. (s. f.). *RT266AL differential pressure switch, 2 x G3/8", IP66* [Ilustracion].

Shop Transmitter. <https://shoptransmitter.com/rt266al-differential-pressure-switch-2-x-g3-8-ip66/>

Stanzione, S. (2021, 19 abril). *UL Listing 864 UUKL, One Year Later: Are you up-to-date with*

your Smoke Control System? FIREALARM.COM. [https://firealarm.com/ul-listing-864-uukl-one-year-later-are-you-up-to-date-with-your-smoke-control-](https://firealarm.com/ul-listing-864-uukl-one-year-later-are-you-up-to-date-with-your-smoke-control-system/#:%7E:text=Instead%2C%20the%20UUKL%20is%20a%20separate%20listing%20category,864%2C%20rather%20than%20part%20of%20the%20formal%20standard.)

[system/#:%7E:text=Instead%2C%20the%20UUKL%20is%20a%20separate%20listing%20category,864%2C%20rather%20than%20part%20of%20the%20formal%20standard.](https://firealarm.com/ul-listing-864-uukl-one-year-later-are-you-up-to-date-with-your-smoke-control-system/#:%7E:text=Instead%2C%20the%20UUKL%20is%20a%20separate%20listing%20category,864%2C%20rather%20than%20part%20of%20the%20formal%20standard.)

SUTECLI. (2018, 12 diciembre). *Las plantas de agua helada*. Recuperado 2 de abril de 2022, de

<https://www.sutecli.com/2018/12/12/las-plantas-de-agua-helada/>

TEC3000 Color Series Wireless, Stand-Alone, and Field-Selectable BACnet MS/TP or N2

Networked Thermostat Controllers. (s. f.). Building Controls Group. Recuperado 28 de marzo de 2022, de

<https://www.buildingcontrolsgroup.com/pub/TEC3000ColorSeriesWirelessProductBulletin.pdf>

Techopedia. (2020, 30 septiembre). *Communication Protocol*. Recuperado 20 de marzo de 2022,

de <https://www.techopedia.com/definition/25705/communication-protocol>

THERMOMECHANIC S.A. (2017, 27 noviembre). *Manejadora de Aire UMA (AHU Air handler unit)*. Aires acondicionados industriales | THERMOMECHANIC. Recuperado 3 de abril de 2022, de <https://thermomecanicsa.com/manejadora-aire-uma-ahu-air-handler-unit/>

Thormeyer, F. (2018, 22 octubre). *Electric Actuator Basics: Understanding the differences between On/Off, Floating, Two Position and Modulating Control*. iVact. Recuperado 29 de marzo de 2022, de <https://ivact.com/electric-actuator-basics-differences-between-on-off-floating-two-position-modulating-control/>

Valves and Actuators. (s. f.). Johnson Controls. Recuperado 28 de marzo de 2022, de https://www.johnsoncontrols.com/en_id/-/media/jci/be/united-states/hvac-controls/actuators/files/publ4087.pdf

Villajulca, J. (2012, 8 octubre). *Representacion de una senal discreta* [Ilustracion]. Tipos de senales, cantidades binarias y operaciones digitales. <https://instrumentacionycontrol.net/tipos-de-senales-cantidades-binarias-y-operaciones-digitales/>

Zito, P. (s. f.). *The Ultimate Guide to Building Automation Systems*. SBA. Recuperado 23 de marzo de 2022, de <https://guides.smartbuildingsacademy.com/building-automation-system>

GLOSARIO

COE: *Center of Excellence*. En español se refiere a un centro de excelencia, especializado en una tarea. En el caso de esta guía, se refiere al Costa Rica COE de Johnson Controls, especializado en la elaboración de sistemas de control su costo de manera estimada.

BMS: *Building Management System*. Sistema de control a base de controladores digitales, que se utiliza en los edificios para monitorear y controlar diferentes equipos electromecánicos. (Joseph, 2018)

Damper: Amortiguador de ducto. Compuerta que permiten o cierran el flujo de aire en ductos.

Metasys: Familia de sistemas y servidores, de Johnson Controls, que trabajan en conjunto para manejar el consumo energético de edificios, al proporcionar control coordinado en los sistemas electromecánicos que acondicionan el edificio como tal. (Metasys System Product Bulletin”, s.f)

BACnet IP y MS/TP: Building Automation Controls Network. Protocolo de comunicación para controladores de Johnson Controls y de terceros. Fue creado por ASHRAE. (Phongchit, 2016)

LonWorks: Protocolo de comunicación para controladores de terceros. Este protocolo fue creado por Modicon Inc. (Phongchit, 2016)

Modbus: Protocolo de comunicación para controladores de terceros. Este protocolo fue creado por Echelo Corporation/Motorola. (Phongchit, 2016)

SNE: Controlador supervisor de Metasys

NAE: Controlador supervisor de Metasys para aplicaciones de control y extracción de humo

Daisy Chain: Configuración de conexión en cadena de los controladores a través del FC Bus, que empieza desde el controlador supervisor hasta el último controlador de campo.

CGM: Controlador de campo de cuarta generación con protocolo BACnet MS/TP de la familia de controladores CG/CV. Es utilizado para todos los sistemas excepto las VAVs. Por lo general necesita de un panel de control para ser instalado en campo.

CVM: Controlador de campo de cuarta generación con protocolo BACnet MS/TP de la familia de controladores CG/CV. Es utilizado exclusivamente para las VAVs. No necesita panel de control, es instalado dentro de la VAV.

FAC: Controlador de campo de tercera generación. Único controlador con BACnet IP para sistemas y equipos, excepto VAVs.

VMA: Controlador de campo de tercera generación. Único controlador con BACnet IP, únicamente para VAVs.

FEC: Controlador de campo de tercera generación. Único controlador de campo para sistemas UUKL 864.

IOM: Módulo de expansión para los controladores de campo de la familia FEC

XPM: Módulo de expansión para los controladores de campo de la familia CG/CV

AO: Señal de salida de un controlador de tipo analógica

AI: Señal de entrada de un controlador de tipo analógica

BI: Señal de entrada de un controlador de tipo binaria o digital

BO: Señal de salida de un controlador de tipo binaria o digital

Señal Analógica: Señal de voltaje o corriente que puede variar dentro de un rango predeterminado, proporcional a un fenómeno físico

Señal Binaria o Digital: Señal de voltaje que representa un “1” o un “0” digital. Su valor de voltaje representativo de un “1” digital varía de acuerdo con los equipos utilizados, por ejemplo, 5v, 24v o 120v.

Solution Navigator: Aplicación web utilizada por Johnson Controls para generar presupuestos al seleccionar controladores, paneles, cableado de control, sensores, actuadores y demás dispositivos de control.

Network Sensor: Sensor de pared para medir propiedades del aire de zona, como temperatura, humedad y concentración de CO2. Este sensor se conecta al SA Bus.

UUKL 864: Standard creado por Underwriters Laboratories, para los sistemas de control y extracción de humo.

FSCS: Panel de control de bomberos para control y extracción de humo.

Actuador Eléctrico: Motor eléctrico controlado por una señal binaria o analógica para, en el caso de Johnson Controls, abrir y cerrar dampers y válvulas.

Final de Carrera: *Switch* que se activa, en el caso más común de Johnson Controls, al cerrarse o abrirse por completo un damper o una válvula.

Relé tipo *command-status*: Acciona equipos por medio de contactos de 120 V o 240 V al recibir una señal digital, y al mismo tiempo determina el estado del equipo como apagado o encendido.

Relé tipo *command*: Acciona equipos por medio de contactos de 120 V o 240 V al recibir una señal digital.

Chiller: Equipo electromecánico que utiliza refrigerante para enfriar agua. (SUTECLI, 2018)

Torre de Enfriamiento: máquina térmica utilizada para enfriar agua, mediante la evaporación de un pequeño porcentaje de la misma agua que se enfría (enfriamiento evaporativo). (GLACIAR, 2021)

VFD: Dispositivo que varía la frecuencia de un equipo con motor eléctrico, para modular la velocidad de este.

Integración BACnet: Cableado de control que consta de 23 o 48 puntos a monitorear y/o controlar, mediante el protocolo BACnet MS/TP o IP.

Interlock: Cableado de control directo desde un dispositivo de control a un equipo. Este funciona como redundancia en caso de que la señal directa del BAS no sea obedecida. Esto se da como medida de seguridad en la mayoría de los casos.

Boiler: También conocido como caldera, es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. (Abarca, s. f.)

AHU: es el aparato fundamental en el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización, en cuanto a los caudales correctos de ventilación (aire exterior), limpieza (filtrado), temperatura

(calentamiento o enfriamiento) y humedad (humectando en invierno y des humectando en verano). (THERMOMECHANIC S.A, 2017)

Terminal Unit: Se puede clasificar como unidad terminal un equipo al final de un ducto, que regula el flujo de aire y/o lo acondiciona al subirle o bajarle la temperatura y/o la humedad antes de este llegar a la zona deseada.

VAV: Unidad terminal que varía el flujo de aire mediante el control de un damper de señal analógica, y también puede calentarlo mediante un calentador eléctrico o por medio de un serpentín con una válvula de control proporcional. Estos equipos solo utilizan un controlador CVM. (Barber, 2018)

Unit Heater: Unidad terminal que calienta el aire de zona mediante una resistencia o agua caliente.

Fan Coil Unit (FCU): unidad terminal que puede controlar un damper, y calienta o enfría el aire por medio de serpentines o resistencias. Estos equipos utilizan un controlador CGM.

Hot Water Convector: Este equipo solamente necesita una válvula de control que regula el flujo de agua caliente, y calienta el aire de zona por medio de radiación térmica, porque no utiliza un ventilador que fuerza aire a través de este.

Variable Refrigerant Flow (VRF): Equipo de acondicionamiento de zonas que utiliza múltiples *indoor* y *outdoor units*. Varias *indoor units* utilizan una sola *outdoor unit*. Tiene un controlador del sistema denominado *master controller*. (Bhatia, s. f.)

Indoor Unit: Unidad interna de sistema de acondicionamiento de zona que absorbe el calor de la zona en donde se ubica al evaporar el líquido refrigerante.

Outdoor Unit: Unidad externa de sistema de acondicionamiento de zona que libera el calor absorbido por el líquido refrigerante, al hacer que este se condense, al exterior.

Split Air Conditioning Unit: El sistema *split* de aire acondicionado consta solamente de una *indoor unit* y su *outdoor unit* correspondiente

Exhaust Fan: Ventilador de extracción. Generalmente solo se da un relé tipo *command-status* para controlar y monitorear su operación. Si tiene un damper generalmente se da uno tipo ON/OFF de 120v.

Miscellaneous System (Sistema Misceláneo): Sistema en donde se incluye todos los controles que no pertenecen a las plantas de agua, las manejadoras de aire (AHUs), unidades terminales, o ventiladores de extracción.

ANEXOS

Lista de Puntos para Proyecto

- () Work in progress Salesforce
- () Verificar si coincide el branch y SP
- () Crear Proyecto en SN y agregar a Parent, Sales, Wendy y Eddert
- () Subrayar las especificaciones y los planos
- () Buscar en las especificaciones si necesitan: Sensores de platino
- () Buscar en las especificaciones si necesitan: HOA switches salidas analógicas y binarias
- () Buscar en las especificaciones si necesitan: AFMS Ebtron
- () Buscar en las especificaciones si necesitan: Válvulas Belimo
- () Subir archivos al inbox y cambiar nombre a fecha de caso asignado
- () Solo si no viene nada de información de los sistemas->Revisar modelos de equipos para integraciones BACnet en schedules y las especificaciones
- () Cambiar dirección de branch en Proposal (buscar en salesforce)
- () [Input Checklist](#)
- () Mandar el RFI
- () Revisar año fiscal (Direct labor -> topic->select rates
- () Meter training ->information -> customer training requirements
- () 26% utilidad -> estimate summary -> summary -> entered margin-> 26
- () PVT quitar ->information
- () Parking -> usar horas en EBE summary -> multiplicar por parking rate y meter en EBE information
- () Demo -> EBE Characteristics
- () Retro ->EBE Characteristics
- () EBE -> INFO -> EBE Characteristics -> # buildings and floors
- () EBE->information-> EBE Characteristics->Site safety requirements -> 2%
- () EBE->summary->Material escalation or risk-> 3%
- () EBE->summary->Material Tax->?
- () Meter Sistemas a Navigator
- () Revisar Errores Proposal y Risk Log
- () Pasar ownership al vendedor
- () [Output Checklist](#)
- () Mandar a peer review
- () Generar System Audit (Si es en Canadá, generar segundo system audit tambien)
- () Subir entregables a Costa Rica Completed
- () verificar nombre de archivos
- () Mandar Email Entrega al vendedor
- () Cerrar caso en salesforce

HOJA GUARDA