

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA
AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE LOS SISTEMAS DE AIRE
ACONDICIONADO PARA LOS AUDITORIOS FUNDADORES Y LUIS A. CALVO
DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

GERMÁN ANDRÉS GUTIÉRREZ TORRES

ELKIN MAURICIO PABA LASCARRO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA
AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE LOS SISTEMAS DE AIRE
ACONDICIONADO PARA LOS AUDITORIOS FUNDADORES Y LUIS A. CALVO
DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

GERMÁN ANDRÉS GUTIÉRREZ TORRES

ELKIN MAURICIO PABA LASCARRO

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

OMAR ARMANGO GÉLVEZ AROCHA

Ingeniero Mecánico

Codirector

JABID EDUARDO QUIROGA MÉNDEZ

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

Para empezar, agradezco a Dios por bendecirme en poder culminar mis estudios profesionales. A mis padres Germán Ignacio Gutiérrez Uribe y Lucía Emma Torres Mogollón. A mis hermanos Diana Carolina y Diego Alexander. A mis abuelos. A mis tíos, quienes sin el apoyo incondicional de todos ellos, difícilmente podría haber culminado mis estudios.

Familia muchas gracias por todo, Dios los bendiga.

Germán Andrés Gutiérrez Torres.

DEDICATORIA

En primera instancia dedico este triunfo Dios, quien me dio la oportunidad de vivir y me guió en los momentos de desesperación a lo largo de mis estudios y de mi vida. Dedico este libro a mis viejos Senén y Yasmína quienes entregaron mil consejos de vida para poder salir adelante. A mi hermana Julieth, esa pequeñita quien me brindó su compañía cuando lo necesitaba. A mis amigos incondicionales quienes supieron esperar a la hora de decir no cuando se trataba de trabajo.

Elkin Mauricio Paba Lascarro

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero mecánico Omar Armando Gélvez Arocha, quien con su conocimiento y experiencia nos guió y aconsejó a través del tiempo de realización de este proyecto de grado.

Al ingeniero Jabid Quiroga, Jefe de la División de Mantenimiento Tecnológico quien nos guió y colaboró.

A Sergio Rivero, profesional de la División de Mantenimiento Tecnológico por su disponibilidad y permanente colaboración.

A todos aquellos que de una u otra manera colaboraron con la realización de este proyecto.

Germán Andrés Gutiérrez Torres

Elkin Mauricio Paba Lascarro

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	26
1 SISTEMA SCADA.....	28
1.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA SCADA	28
1.1.1 Modelo de automatización piramidal.	29
1.1.2 Funciones principales de un sistema SCADA.	31
1.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA SCADA.....	32
1.2.1 Hardware de los sistemas	34
1.2.2 Software de los sistemas SCADA	44
1.3 CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS SCADA	45
2 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO TODO AIRE.....	48
2.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE A.A TODO AIRE	48
2.1.1 Características de los sistemas todo aire	56
2.1.2 Desventajas de los sistemas todo aire	57
2.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE A.A TODO AIRE	58
2.3 ELEMENTOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE A.A	61
2.3.1 Contactores.....	61
2.3.2 Relés.....	61
2.3.3 Relé térmico de sobrecarga.	62
2.3.4 Relé temporizador.....	62
2.3.5 Termostato.....	62

2.3.6	Presóstato.....	64
2.4	DESCRIPCIÓN DE LOS A.A DE LOS AUDITORIOS LUIS A. CALVO Y FUNDADORES.....	65
2.4.1	Sistema de A.A Central del Auditorio Fundadores.....	66
2.4.2	Válvula de expansión o tubo capilar.....	77
2.4.3	Línea de succión.....	78
2.4.4	Línea de descarga.....	78
2.5	SISTEMA DE A.A CENTRAL DEL AUDITORIO LUIS A. CALVO.....	78
2.5.1	Unidad manejadora de aire.....	79
2.5.2	Unidad condensadora.....	83
2.6	ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS A.A.....	88
2.6.1	Sistema de control del A.A de Auditorio Fundadores.....	89
2.6.2	Descripción de funcionamiento de los sistemas del A.A Fundadores.. 103	
2.6.3	Descripción sistema de control de sistema A.A Fundadores.....	106
2.6.4	Sistema de control de A.A de auditorio Luis A. Calvo.....	108
2.6.5	Conexiones de control en el panel de la condensadora A.A. Luis A Calvo. 120	
2.6.6	Descripción de la secuencia de accionamiento del Sistema de A.A Luis A. Calvo.....	128
2.7	LABORES DE MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN DE FALLAS DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE LOS AUDITORIOS LUIS A. CALVO Y FUNDADORES.....	131
2.8	DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.....	133
2.8.1	Requerimientos del sistema SCADA.....	134

2.9	VARIABLES A INTEGRAR EN EL SISTEMA SCADA.....	135
2.9.1	Variables de estado.....	135
2.9.2	Variables de funcionamiento	136
2.9.3	Tipo de señal.....	136
2.9.4	Número de tags.....	136
2.9.5	Variables a integrar	137
2.10	ELEMENTOS A CONECTAR EN LA UNIDAD REMOTA.....	138
2.11	PROPUESTA DE DISEÑO PARA CONTROL DE COMPRESOR	148
2.12	INSTRUMENTACION NECESARIA EN CAMPO	152
3	ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA SCADA	154
3.1	RED DE COMUNICACIÓN.....	154
3.2	DEFINICIONES	155
3.2.1	Redes de comunicación UIS	157
3.3	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	157
3.3.1	TCP/IP.....	158
3.3.2	Modbus.	158
3.3.3	Devicenet	159
3.3.4	BACnet.....	159
3.4	PROTOCOLO MODBUS	159
3.5	GENERALIDADES.	160
3.5.1	MODBUS en la pirámide OSI.....	160
3.5.2	Formatos MODBUS	161
3.5.3	Datos del protocolo MODBUS.....	162
3.5.4	MODBUS TCP/IP	163

3.6	UNIDAD CENTRAL O MTU.....	163
3.6.1	Servidor de datos (ADS)	164
3.6.2	Switch 3com 4500.....	165
3.6.3	Recursos de red y comunicación del sistema	167
3.7	SOFTWARE DEL SISTEMA SCADA.....	167
4	PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	169
4.1	ESQUEMA GLOBAL DEL SISTEMA SCADA PROPUESTO	169
4.2	SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA A PROPONER	171
4.2.1	Instrumentación de campo	171
4.2.2	Unidades remotas	177
4.2.3	Unidad central	182
4.2.4	Software de SCADA.....	183
4.3	FASES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	187
4.3.1	Ingeniería de detalle.....	187
4.3.2	Instalación de los dispositivos	187
4.3.3	Configuración de las unidades remotas y el software SCADA.....	188
4.3.4	Capacitación del personal	188
4.4	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	188
4.5	FORMULACIÓN DE PROYECTOS PARA EL BPPIUIS.....	193
4.6	MÓDULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO	195
4.7	MÓDULO 2: PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	196
4.8	MÓDULO 3: FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO 197	
4.9	NOMBRE DEL PROYECTO	197

5	CONCLUSIONES	199
6	RECOMENDACIONES	201
7	BIBLIOGRAFÍA	202
	ANEXOS.....	204

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Referencias de Software SCADA	45
Tabla 2. Datos Unidad manejadora	68
Tabla 3. Datos del filtro UMA fundadores	69
Tabla 4. Datos del evaporador Fundadores.....	71
Tabla 5. Datos técnicos del motor del blower.	71
Tabla 6. Especificaciones unidad condensante	73
Tabla 7. Especificaciones de los compresores	75
Tabla 8. Especificación modelo compresores.....	76
Tabla 9. Especificaciones de los ventiladores de la unidad condensadora	77
Tabla 10. Datos unidad manejadora Luis A. Calvo	80
Tabla 11. Datos del filtro UMA Luis A. Calvo	81
Tabla 12. Datos del evaporador Luis A. Calvo.....	82
Tabla 13. Características motor del blower.....	83
Tabla 14. Características de los motores en la unidad condensante A.A Luis A. Calvo.....	84
Tabla 15. Características del compresor 1	85
Tabla 16. Características del compresor 2	86
Tabla 17. Características de los ventiladores 2 y 3 Unidad condensante A.A Luis A. Calvo	87
Tabla 18. Características de los ventiladores 1, 4, 5, 6, 7 y 8 Unidad condensante A.A Luis A. Calvo	87
Tabla 19. Elementos de control en el cuarto de la manejadora del A.A Fundadores	91
Tabla 20. Características del interruptor principal y transformador del circuito de control.....	91

Tabla 21. Características relé de sobrecarga del motor del blower	92
Tabla 22. Características relé de control A.A Fundadores.....	93
Tabla 23. Características de los contactores de los compresores de A.A Fundadores.....	94
Tabla 24. Características del contactor de los ventiladores	95
Tabla 25. Características del relé de control de los ventiladores	96
Tabla 26. Características interruptor termomagnético de los compresores	97
Tabla 27. Características interruptor termomagnético de los ventiladores	97
Tabla 28. Características de los timer de A.A Fundadores	98
Tabla 29. Elementos existentes en la unidad condensadora A.A. Fundadores ...	100
Tabla 30. Características del Interruptor Tripolar unidad condensante.....	109
Tabla 31. Características del interruptor tripolar del motor del blower.	110
Tabla 32. Características de los interruptores monopolares de los ventiladores de A.A Luis A. Calvo	111
Tabla 33. Características del contactor del motor del blower A.A Luis A. Calvo..	112
Tabla 34. Características del relé de sobrecarga del motor del blower del A.A Luis A. Calvo	113
Tabla 35. Características los contactores de los compresores del A.A Luis A. Calvo	114
Tabla 36. Características de los contactores de los ventiladores del A.A Luis A. Calvo.....	115
Tabla 37. Características elemento protector de sobrecarga	116
Tabla 38. Características relé de control A.A Luis A. Calvo.....	117
Tabla 39. Características del controlador de fases en el A.A Luis A. Calvo	118
Tabla 40. Característica de los Timer en el A.A Luis A. Calvo.....	119
Tabla 41. Descripción de los elementos existentes en las unidades de control del A.A. Luis A. Calvo	124
Tabla 42. Elementos cuarto de control sistema A.A Luis A. Calvo	125
Tabla 43. Variables medidas actualmente en Sistema de A.A Luis A. Calvo y Fundadores.....	137

Tabla 44. Variables a integrar A.A. Luis A. Calvo y Fundadores	137
Tabla 45. Identificación de los elementos a conectar con su respectiva variable	138
Tabla 46. Tipos de datos utilizados en protocolo MODBUS	162
Tabla 47. Funciones básicas de escritura y lectura sobre los tipos de datos de MODBUS.	162
Tabla 48. Especificaciones del servidor de datos.	164
Tabla 49. Características del switch 3com 4500.....	165
Tabla 50. Transmisor de humedad relativa y temperatura.....	172
Tabla 51. Sensor de flujo de aire	173
Tabla 52. Medidor de variables eléctricas.....	174
Tabla 53. Sensor de CO2	175
Tabla 54. Termocupla tipo K.....	176
Tabla 55. PLC TwidoTWDLMDA40DUK.....	180
Tabla 56. Módulo de expansión Entradas/Salidas Análogas	181
Tabla 57. Módulo de expansión Comunicación RS485	181
Tabla 58. Unidad central.....	182
Tabla 59. Alternativas de software SCADA	184
Tabla 60. Presupuesto de instrumentación.....	189
Tabla 61. Presupuesto de unidades remotas	190
Tabla 62. Presupuesto Unidad Central y Software SCADA	191
Tabla 63. Presupuesto costo de obra de la propuesta.....	191
Tabla 64. Costos totales	192
Tabla 65. Proceso de un proyecto en el BPPIUIS	193

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pirámide de automatización.....	29
Figura 2. Estructura básica de un sistema SCADA.....	33
Figura 3. Capas del Modelo OSI.....	41
Figura 4. Tipos de topología de red	44
Figura 5. Sistema todo aire	49
Figura 6. Instalación con regulación de temperatura actuando sobre la batería de enfriamiento	50
Figura 7. Instalación con regulación de temperatura por by-pass.....	51
Figura 8. Instalación con regulación de temperatura por batería de post-calentamiento.....	51
Figura 9. Instalación de zonas múltiples con volumen de aire constante y temperatura variable.	52
Figura 10. Instalación de zonas múltiples con volumen de aire variable y temperatura constante.	53
Figura 11. Esquema de instalación de doble conducto.....	55
Figura 12. Esquema de instalación de conducto dual.....	56
Figura 13. Esquema de los sistemas de A.A de los auditorios mencionados.	59
Figura 14. Diagrama P-h (Mollier) del ciclo ideal de refrigeración por compresión	60
Figura 15. Funcionamiento de un ciclo de refrigeración mecánica	60
Figura 16. Esquema de un termostato eléctrico.....	63
Figura 17. Esquema eléctrico de control del termostato y presóstato sobre los diferentes componentes del A.A.	64
Figura 18. Presóstato.....	65
Figura 19. Composición de los sistemas de A.A todo aire.....	66
Figura 20. Esquema unidad manejadora Fundadores	67
Figura 21. UMA del A.A Auditorio Fundadores	68

Figura 22. Filtro UMA Fundadores.....	69
Figura 23. Evaporador de la unidad manejadora Fundadores	70
Figura 24. Ventilador y su motor	71
Figura 25. Unidad condensante A.A Auditorio Fundadores	73
Figura 26. Compresores Unidad Condensadora A.A Auditorio Fundadores.....	75
Figura 27. Ventilador extractor A.A Fundadores	77
Figura 28. Válvulas de expansión A.A Fundadores	78
Figura 29. Auditorio Luis A. Calvo.....	79
Figura 30. UMA A.A Luis A. Calvo.....	80
Figura 31. Filtro UMA Luis A. Calvo.....	81
Figura 32. Evaporador UMA Luis A. Calvo	82
Figura 33. Ventilador o blower UMA Luis A. Calvo	83
Figura 34. Unidad Condensadora A.A Luis A. Calvo	84
Figura 35. Compresor 1	85
Figura 36. Compresor 2	86
Figura 37. Ventiladores Unidad Condensante A.A Luis A. Calvo.....	87
Figura 38. Equipos básicos de un sistema de A.A tipo todo aire	88
Figura 39. Estación de arranque y parada del sistema de A.A Fundadores.....	89
Figura 40. Tablero de control en el cuarto de la manejadora del A.A Fundadores.	90
Figura 41. Esquema conexiones del tablero en el cuarto de la manejadora del A.A Fundadores.....	90
Figura 42. Contactor del motor del blower	92
Figura 43. Relé de control.....	93
Figura 44. Contactor de compresor	94
Figura 45. Contactor de los ventiladores del A.A Fundadores	95
Figura 46. Interruptor termomagnético de un compresor del A.A Fundadores	96
Figura 47. Interruptor termomagnético de un ventilador del A.A Fundadores.....	97
Figura 48. Conexiones de control en el panel de la condensadora A.A. Fundadores.....	98

Figura 49. Esquema conexiones de control en el panel de la condensadora A.A Fundadores.....	99
Figura 50. Plano eléctrico del sistema de potencia del A.A Fundadores	101
Figura 51. Plano eléctrico del sistema de control del AA Fundadores	102
Figura 52. Diagrama de conexión para el compresor 1 sistema A.A Fundadores	103
Figura 53. Diagrama de conexiones para el compresor 2 del sistema A.A Fundadores.....	104
Figura 54. Diagrama de conexiones de potencia de los ventiladores.	105
Figura 55. Diagrama de conexiones de potencia de la unidad manejadora.	105
Figura 56. Control de encendido.....	106
Figura 57. Control de funcionamiento	107
Figura 58. Secuencia de accionamiento	108
Figura 59. Estación de arranque – parada sistema A.A LAC.....	108
Figura 60. Interruptor tripolar de la unidad condensante	109
Figura 61. Interruptor tripolar del motor del blower del A.A Luis A. Calvo.....	110
Figura 62. Interruptores monopolares de los ventiladores del A.A Luis A. Calvo	110
Figura 63. Contactor del motor del blower del A.A Luis A. Calvo.....	112
Figura 64. Relé de sobrecarga del motor del blower del A.A Luis A. Calvo	113
Figura 65. Contactor de un compresor del A.A Luis A. Calvo	114
Figura 66. Contactor de un ventilador del A.A Luis A. Calvo	115
Figura 67. Elemento protector contra sobrecarga al compresor	116
Figura 68. Relé de control del A.A Luis A. Calvo	116
Figura 69. Relé de control del circuito.....	117
Figura 70. Controlador de tensión de fases.	118
Figura 71. Timer del circuito de control del A.A Luis A. Calvo	119
Figura 72. Panel de control Lado Izquierdo	120
Figura 73. Diagrama de conexiones del panel control lado izquierdo A.A Luis A. Calvo.....	121
Figura 74. Panel de control Lado Derecho	122

Figura 75. Diagrama de conexiones del panel control lado derecho A.A Luis A. Calvo.....	123
Figura 76. Estación arranque-parada (internamente) del AA Luis A. Calvo.....	125
Figura 77. Diagrama de conexiones en la estación arranque- parada del A.A Luis A. Calvo	125
Figura 78. Plano eléctrico del sistema de potencia del AA Luis A. Calvo	126
Figura 79. Plano eléctrico del sistema de control del AA Luis A. Calvo	127
Figura 80. Control de encendido.....	129
Figura 81. Control de compresor 2 y ventiladores	129
Figura 82. Control para compresor 1	130
Figura 83. Secuencia de accionamiento A.A LAC	131
Figura 84. Elementos a conectar en la unidad remota A.A Fundadores.....	140
Figura 85. Elemento a conectar en la unidad remota A.A Luis A. Calvo.....	141
Figura 86. Esquema Relé de estado sólido	142
Figura 87. Diagrama de conexión de los relés de estado sólido al PLC A.A Fundadores.....	144
Figura 88. Diagrama de conexión de los relés de estado sólido al PLC A.A Luis A. Calvo.....	145
Figura 89. Conexión Instrumentación de campo al PLC en sistema A.A Fundadores.....	146
Figura 90. Conexión Instrumentación de campo al PLC en sistema A.A Luis A. Calvo.....	147
Figura 91. Comparación de reducción de velocidad en ventiladores usando dámper y variadores de frecuencia.....	149
Figura 92. Esquema de un variador de frecuencia.	150
Figura 93. Esquema de control para compresor Fundadores.....	151
Figura 94. Esquema de control compresor A.A Luis A. Calvo.	151
Figura 95. Codificación MODBUS ASCII	161
Figura 96. Codificación MODBUS RTU	161
Figura 97. Encapsulamiento de la trama MODBUS en TCP.....	163

Figura 98. Ejemplo de configuración LAN mediana soportada por el Switch 4500	166
Figura 99. Esquema general del sistema propuesto.....	170
Figura 100. RTU serie 32S	177
Figura 101. Twido TWDLMDA40DUK.....	178
Figura 102. Presentación interfaz gráfica	185
Figura 103. Esquema general interfaz usuario	186
Figura 104. Ejemplo de manejo de los sistemas.....	186

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. SIMBOLOGIA DE LOS PLANOS ELECTRICOS Y DE LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES.....	205
ANEXO B. FORMATO DILIGENCIADOS DEL BPPUIS	208
ANEXO C. ESTUDIO DE CARGAS ELÉCTRICAS	235
ANEXO D. ESTUDIO DE CARGAS TERMICAS	273

RESUMEN

TITULO:

PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO PARA LOS AUDITORIOS FUNDADORES Y LUIS A. CALVO DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER*

AUTORES:

German Andrés Gutiérrez Torres, Elkin Mauricio Paba Lascarro**

PALABRAS CLAVES:

Sistema SCADA, Aire Acondicionado todo aire, MODBUS.

CONTENIDO:

Este proyecto de grado tiene como objeto fundamental contribuir a la visión que la universidad ha estipulado la cual establece la modernización de su infraestructura y tecnología, para contribuir a la universidad en alcanzar esta meta.

Se establece un diseño de la estructura de un sistema SCADA para monitorear los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la UIS y de esta forma lograr tener información acerca de las variables de funcionamiento, además contar con una herramienta tecnológica que permita monitorear el proceso y así poder establecer posibles fallas de estos sistemas evitando paradas en el funcionamiento que puedan afectar las diferentes actividades que realizan en estos recintos.

Esta propuesta está incluida en este trabajo de grado y presenta la solución a las necesidades expuestas por la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS, las cuales son mencionadas en el capítulo 2 del presente trabajo, a partir de los requerimientos solicitados por la DMT, se procedió a establecer todas las variables a integrar dentro del software SCADA; para la selección de todas las variables se tuvo en cuenta el funcionamiento y los equipos correspondientes a cada uno de los sistemas de aire acondicionado de tipo todo aire a analizar. Una vez establecido el diseño de la estructura del sistema SCADA de estos sistemas, se elaboró un presupuesto del costo del diseño, la cual se presentara ante el banco de programas y proyectos de inversión de la UIS.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica,
Director : Ing. Omar Armando Gélvez Arocha; Codirector Javid Eduardo Quiroga Méndez

ABSTRACT

TITLE:

PROPOSED DESIGN OF A SCADA SYSTEM FOR AUTOMATION AND MONITORING OF AIR CONDITIONING SYSTEMS FOR AUDIENCES FUNDADORES AND LUIS A. CALVO INDUSTRIAL DE SANTANDER UNIVERSITY*

AUTHORS

German Andrés Gutiérrez Torres, Elkin Mauricio Paba Lascarro **

KEY WORDS:

SCADA system, Air Conditioning, MODBUS

CONTENT:

This degree project aims to contribute to the vision essential that the university has provided which establishes the modernization of its infrastructure and technology to support the university in achieving this goal.

It establishes a framework design a SCADA system to monitor air-conditioning systems for auditoriums Luis A Calvo and Founders at UIS and so manage to have information about the operating variables also have a technological tool possible to monitor the process and thus establish possible failures of these systems in operation avoiding stops that may affect the different activities carried out in these areas.

This proposal is included in this paper grade and presents the solution to the needs expressed by the Technology Maintenance Division at UIS, which are mentioned in Chapter 2 of this work, from the requirements requested by the DMT, is proceeded to set all the variables integrated within the SCADA software, for the selection of all variables are taken into account and equipment operation corresponding to each of the air conditioning systems of all types to analyze air. Once the design of the SCADA system structure of these systems, developed a design cost budget, which was submitted to the bank investment programs and projects of the UIS.

* Degree Work

** Faculty of physical-mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Engineer Omar Armando Gélvez Arocha; Engineer Jabid Eduardo Quiroga Méndez

INTRODUCCIÓN

Los sistemas SCADA se caracterizan principalmente por ser sistemas capaces de monitorear procesos a distancia, permitiendo al operador tener información de cada una de las variables del proceso mostrándolas en una interfaz visual. Los sistemas SCADA mejoran la eficacia del proceso ya que monitorean y por medio de la RTU logran el control de dicho procedimiento proporcionando información oportuna y de buen detalle para poder tomar decisiones operacionales apropiadas.

La escuela de Ingeniería Mecánica de la mano con la División de Mantenimiento a través de este trabajo de grado busca adecuar una herramienta tecnológica útil para automatizar y monitorear las condiciones de operación de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de esta forma permitirle a la División de Mantenimiento Tecnológico la detección de posibles fallas y proporcionarle a estos sistemas mayor grado de confiabilidad en cuanto a su funcionamiento; es por eso que se pretende realizar una propuesta diseño con el empleo del diseño de la estructura del sistema SCADA para monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de dos de los más importantes auditorios para la Universidad Industrial de Santander en cuanto a la magnitud e importancia de los eventos que allí se realizan puesto que son auditorios que albergan importantes actividades a nivel local y regional. Además con el diseño de esta estructura SCADA se pretende reducir el impacto negativo que generan los equipos ya que son sistemas de mayor consumo energético. Para llevar a cabo este proyecto se estudiaron los principios básicos de refrigeración y aire acondicionado, también se debe tener en cuenta los conceptos sobre la estructura de los sistemas SCADA y de control; esto con la finalidad de integrar las variables necesarias para dicho fin. La selección de los elementos de medición y configuración de los mismos para el respectivo monitoreo.

Este trabajo de grado estará presentado en cuatro capítulos donde se expondrán las características de un sistema SCADA hasta el diseño y propuesta de implementación del diseño realizado.

El primero comprende lo relacionado con los sistemas SCADA, cómo está compuesto, criterios de diseño, cómo se comunica y cómo se debe implementar.

El segundo capítulo está dirigido a los sistemas de aire acondicionado todo aire tanto para zona única como multizonas, cómo se encuentran estructurados, funcionamiento y componentes para así describir con especificaciones detalladas de los sistemas existentes en los auditorios Luis A. Calvo y Fundadores. En este mismo capítulo se presenta el diseño del sistema SCADA, indicando los requerimientos del diseño y las variables a integrar en éste, definidos por la descripción de la instrumentación eléctrica encontrada en las unidades de control y potencia de cada uno de los sistemas a estudiar.

Siguiendo con el tercer capítulo se plasmó la conceptualización de redes y protocolos de comunicación, donde se describe el protocolo a utilizar, la estructura de comunicación de la universidad en el cual se plantea como unidad central la División de Mantenimiento Tecnológico.

Por último en el cuarto capítulo se presenta la estructura del sistema SCADA esquematizado conducido por las especificaciones dadas dentro de los criterios de diseño, incluyendo los elementos o dispositivos de medición y control, y como último el presupuesto y costos estimados para su desarrollo.

1 SISTEMA SCADA

Proporcionar información de los procesos y al mismo tiempo monitorearlos en tiempo real, son las actividades más comunes dentro de la industria, con el objetivo de detectar o predecir posibles fallas en los mismos. Los sistemas SCADA se han convertido en la herramienta más útil para suplir las necesidades de las actividades anteriormente mencionadas. SCADA, Control de Supervisión y Adquisición de Datos, por sus siglas en inglés, es una aplicación computacional de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador a distancia.

La finalidad en este capítulo es realizar una descripción de un sistema SCADA, cuáles son sus características, sus componentes y cómo está estructurado, consideraciones de diseño y cómo se puede implementar.

1.1 GENERALIDADES DE UN SISTEMA SCADA

Dado que es una herramienta principal para supervisión y control, a medida del paso del tiempo se nota la necesidad de las empresas por apostar en estas tecnologías para automatizar su producción, visualizar el estado de cada una de sus áreas, representados gráficamente en una distribución previa, además observar las alarmas que el sistema brinda, historial del proceso, etc.

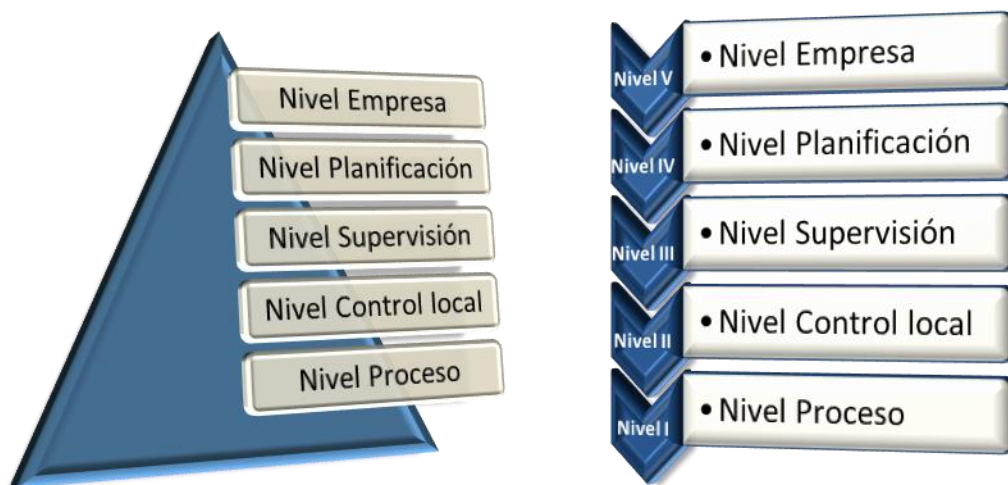
Los sistemas SCADA surgen debido a las exigencias de los procesos de la industria, cada vez más complejos, que requieren de una estructura bien definida que garantice la compenetración de todas las tareas productivas. Ya que es un proceso de automatización, también existe la posibilidad de que un operador tome

una determinación para realizar cualquier acción sobre la interfaz, pues éste hace parte de la estructura del SCADA.

1.1.1 Modelo de automatización piramidal. Es el modelo mayormente difundido en el ambiente de producción continua por la ISO¹, manteniendo una jerarquía en sus niveles, cubre desde los aspectos de control de los procesos físicos en su nivel más bajo, hasta los niveles donde se realizan las funciones corporativas de la planta.

Cada nivel se caracteriza por un tipo de información y de procesamiento diferente, siendo necesaria la integración del proceso automatizado para incluir internamente la comunicación en cada nivel, y entre niveles, con el fin de lograr sistemas que permitan ejecutar las diferentes tareas de control.

Figura 1. Pirámide de automatización



- **Nivel Proceso (Nivel I):** En este nivel se realizan tareas de captación, mediante sensores de las medidas de las variables de proceso; y

¹ Acrónimo correspondiente a: "International Organization for Standardization"

acondicionamiento de las señales de control que se envían a los actuadores, siguiendo una orden del nivel superior.

- **Nivel Control local (Nivel II):** En este nivel se realizan tres tareas: la primera de control secuencial de procesos; la segunda de regulación de variables de proceso; y la tercera de configuración de un bus de campo. Para realizar dichas tareas, se utilizan equipos de recibir y/o controlar todos los datos emitidos por los del nivel de proceso, interconectados y a su vez dar una orden a los actuadores, obviamente supervisados por el siguiente nivel.
- **Nivel Supervisión (Nivel III):** En este nivel se configura una red de supervisión, y se utilizará un ordenador para implementar el software SCADA. Se registran los datos de los niveles anteriores, para evaluar el estado del sistema. Es el intermedio entre el nivel empresa y nivel proceso.
- **Nivel Planificación (Nivel IV):** En este nivel se realiza una inclusión de forma integrada a la producción de conceptos tales como gestión empresarial, planificación, programación, etc. Al mismo tiempo la coordinación de actividades de los diferentes entes de la industria.
- **Nivel Empresa (Nivel V):** Este es el nivel más alto de la pirámide, es el que direcciona la industria, toma las decisiones de acuerdo a los registros e informes mostrados por los niveles más bajos, este nivel unifica el comportamiento de los demás entes.

Este proyecto tiene como objetivo la propuesta de diseño de un sistema SCADA, obliga a ubicarse en los tres primeros niveles de la pirámide de automatización, reconociendo que los niveles I y II es donde se encuentran los dispositivos de medición y adquisición de datos, comúnmente conocido como el hardware SCADA, seguido del nivel III donde se encuentra contenido el software y su aplicación, que conllevan a los niveles IV y V a determinar las mejoras del

proceso. Cabe resaltar la importancia de que el sistema SCADA cumpla los lineamientos de la pirámide de automatización y se integre de forma correcta.

1.1.2 Funciones principales de un sistema SCADA. Las funciones de Supervisión y Control generalmente son, quizás, las más importantes de un sistema SCADA. Pero también tiene otras que dan soporte a éstas, donde el operador puede visualizar y obtener de forma clara y precisa la información necesaria de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, esto es la base de la comunicación entre el operador y el proceso y todo esto para referirse al tiempo de respuesta del sistema. Entre las funciones o prestaciones que tienen estos sistemas para comunicarse se encuentra:

- **Supervisión remota de instalaciones y equipos:** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- **Control remoto de instalaciones y equipos:** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- **Procesamiento de datos:** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- **Visualización gráfica dinámica:** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al

operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

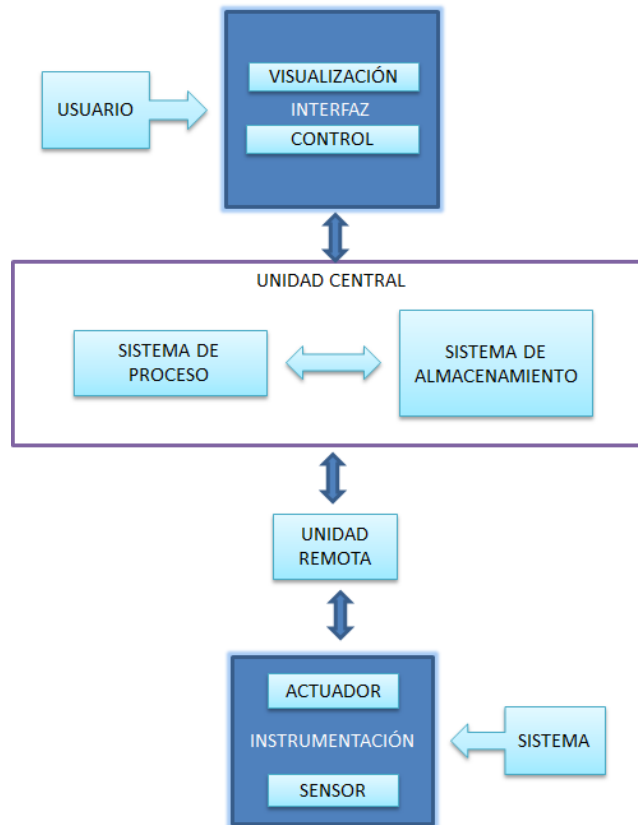
- **Generación de reportes:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- **Representación de señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- **Almacenamiento de información histórica:** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- **Programación de eventos:** Está referido a la posibilidad de programar pequeños programas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

1.2 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA SCADA

Lo que comprende la estructura básica de un sistema SCADA se rige por los patrones de Maestro – Esclavo (Master – Slave), el patrón Master-Slave soporta tolerancia a fallas, computación paralela y precisión computacional. Un componente maestro distribuye el trabajo en componentes esclavos iguales y calcula un resultado final a partir de los resultados de los esclavos. Es decir, el sistema SCADA se compone por una unidad central, en este caso es el Maestro, realiza la comunicación con las demás estaciones, en este esclavos, recibiendo y enviando información a unidades más pequeñas o remotas, que a su vez están conectadas a los instrumentos de campo de la zona en supervisión, que pueden ser sensores y actuadores. La información se muestra a través de

representaciones gráficas o una interfaz donde el personal u operadores se enteren del proceso o evento ocurrido en la planta.

Figura 2. Estructura básica de un sistema SCADA



Basado en la estructura del sistema SCADA, éste se categoriza en dos componentes: el componente hardware y el componente software, que seguidamente se explicarán en detalle.

1.2.1 Hardware de los sistemas SCADA. Está apoyado en dispositivos físicos para la recepción y envío de datos, control, supervisión y comunicación de eventos. Estos elementos están integrados de forma estratégica, que varían, desde luego, según el tamaño de la industria en la que se lo esté aplicando. El hardware de los sistemas SCADA se compone de los siguientes elementos:

1.2.1.1 Interfaz operador máquinas. Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados.

1.2.1.2 Unidades remotas o RTU². Las unidades remotas, reciben las señales de los sensores de campo, y comandan los elementos finales de control. Un sistema SCADA puede tener decenas de RTUs, distribuidas en una amplia zona geográfica. En forma periódica son interrogadas por la Estación Maestra o unidad central. Pueden tener capacidad de control, o no. Estas unidades comandan los elementos finales de control ejecutando el software de la aplicación SCADA. Se encuentran en el nivel intermedio o de automatización y a un nivel inferior los distintos instrumentos de campo que son los que ejercen la automatización física del sistema, control y adquisición de datos.

La RTU es un sistema que cuenta con un microprocesador e interfaces de entrada y salida tanto analógicas como digitales que permiten tomar la información del proceso provista por los dispositivos de instrumentación y control en una localidad remota y, utilizando técnicas de transmisión de datos, enviarla al sistema central.

² Acróstico correspondiente a: "Remote Terminal Unit" Unidad Terminal Remota

Estas unidades no tienen que ser computadores, ya que la necesidad de soportar un HMI³ (Interfase Hombre – Máquina, por sus siglas en inglés) no es tan grande a este nivel, por lo tanto suelen ser unidades industriales tipo armarios de control, aunque en sistemas muy complejos puede haber subestaciones intermedias en formato HMI. Una tendencia actual es la de dotar PLCs⁴ con la capacidad de funcionar como RTUs gracias a un nivel de integración mayor, CPU's con mayor potencia de cálculo e IED⁵ para tareas específicas de control.

1.2.1.3 Unidad central o MTU⁶. Esta unidad suele ser un computador de todo el sistema, en la cual está soportado el software y el HMI, recopila la información de las otras subestaciones, bien sea otros ordenadores (sistemas complejos) a los instrumentos de campo. De esto se deriva que el sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único ordenador, el cual es el MTU que supervisa toda la estación. La unidad central es un conjunto de equipos que cumple las siguientes funciones:

Interroga en forma periódica a las RTUs, y les transmite consignas; siguiendo usualmente un esquema maestro-esclavo.

- Actúa como interfaz al operador, incluyendo la presentación de información de variables en tiempo real, la administración de alarmas, la recolección y presentación del historial de la información.
- Puede ejecutar software especializado que cumple funciones específicas asociadas al proceso supervisado por el SCADA.

³ Acróstico correspondiente a: "Human Machine Interface" Interfase Hombre – Máquina

⁴ Acróstico correspondiente a: "Programmable Logic Controller" Controlador Lógico Programable

⁵ Acróstico correspondiente a: "Intelligent Electronic Device" Dispositivo Electrónico Inteligente

⁶ Acróstico correspondiente a: "Master Terminal Unit" Unidad Terminal Maestra

1.2.1.4 Instrumentación de campo. Son todos aquellos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLCs, controladores de procesos industriales y actuadores en general) como los que se encargan de la captación de información del sistema (sensores y alarmas). Están próximos al proceso dado con el objeto de tomar la información. Una característica de los sistemas SCADA es que sus componentes son diseñados por distintos proveedores, sin coordinación entre sí. Así, se tienen diferentes proveedores para las RTUs (incluso es posible que un sistema utilice RTUs de más de un proveedor).

La instrumentación de campo se encuentra dividida de la siguiente manera:

- **Transductores y Sensores:** Son los elementos que permiten la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.

- **Actuadores:** Son dispositivos capaces de transformar todo tipo de energía en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, un pistón.

Los sensores y actuadores generalmente tienen un comportamiento en donde su eficiencia va disminuyendo con respecto al tiempo debido a efectos de desgaste y condiciones ambientales. En este caso, el ente encargado del mantenimiento debe prever la posibilidad de un control manual en caso de reemplazo del equipo para no interferir con el sistema.

1.2.1.5 Sistemas de comunicación. Se encarga de la transferencia de información del punto donde se realizan las operaciones, hasta el punto donde se supervisa y controla el proceso. Lo conforman los transmisores, receptores y medios de comunicación. Este es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todo software puede trabajar con todos los tipos de BUS. La comunicación se puede establecer por distintos medios físicos (radio, cable, satélite, etc.), Puesto que el diseño de estos componentes no es coordinado por un único proveedor, su distinta velocidad de evolución tecnológica puede generar incompatibilidades.

La conexión entre el RTU y los dispositivos de campo es muchas veces realizado vía conductor eléctrico. Usualmente, el RTU provee la potencia para los actuadores y sensores, y algunas veces éstos vienen con un equipo de soporte ante falla en la alimentación de energía (UPS⁷).

Generalmente utilizan la red para la automatización de edificios, ya que ésta tendrá datos guardados que servirán como base en la implementación de la automatización.

Estas redes de datos están clasificadas de la siguiente manera, de acuerdo a la extensión que se cubra en el momento:

- **WAN (Wide Area Network)**, red de área amplia, una red de ordenadores que abarca un área geográfica relativamente grande. Normalmente, un

⁷ Acróstico correspondiente a: "Uninterruptible Power Supply"

WAN consiste en dos o más redes de área local (LANs). Los ordenadores conectados a una red de área ancha normalmente están conectados a través de redes públicas, como la red de teléfono. También pueden estar conectados a través de líneas alquiladas o de satélites. El WAN más grande que existe es Internet. Las redes WAN pueden usar sistemas de comunicación vía satélite o de radio, y pueden cubrir distancias hasta de 1000 km.

- **MAN (Metropolitan Area Network)**, red de área metropolitana, es una red de alta velocidad que da cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios.
- **LAN (Local Area Network)**, red de área local, es una red que conecta los ordenadores en un área relativamente pequeña y predeterminada (como una habitación, un edificio, o un conjunto de edificios). Las redes LAN se pueden conectar entre ellas a través de líneas telefónicas y ondas de radio.

Sabiendo que los sistemas SCADA necesitan comunicarse vía red, telefónica o satélites, es necesario contar con unidades remotas que realicen el envío de datos hacia una unidad central, esta a su vez será parte de un centro de control y gestión de información (teniendo en cuenta la topología de red, elemento de la red de datos).

Cada fabricante de equipos para sistemas SCADA emplean diferentes protocolos de comunicación (elemento de red de datos) y no existe un estándar para la estructura de los mensajes, sin embargo existen estándares internacionales que regulan el diseño de las interfaces de comunicación entre los equipos del sistema SCADA (tipo de comunicación) y equipos de transmisión de datos. Para nuestro diseño en particular solo utilizaremos los elementos mencionados anteriormente como lo son tipo de comunicación, protocolo de comunicación y topología de red, debido a la complejidad que posee la conceptualización de redes datos.

➤ **Tipo de comunicación:** Seleccionar el tipo de comunicación dependería de la disponibilidad de los dispositivos emisores y receptores, distancia entre los dispositivos y las instalaciones presentes. La comunicación entre los dispositivos generalmente se realiza utilizando dos medios físicos: cable tendido, en la forma de fibra óptica o cable eléctrico, o radio. En cualquiera de los casos se requiere un MODEM, el cual modula la señal. Por lo general se utiliza red tipo LAN en las unidades maestras o emisoras para la interfaz entre el SCADA y el usuario, y en el caso de las unidades remotas se utiliza lo siguiente:

- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Cable telefónico
- Microondas
- Ondas de radio
- Comunicación satelital

➤ **Protocolo de comunicación:** Un protocolo de comunicación es una serie de normas y procedimientos para gestionar sus diálogos en el intercambio de información, estas reglas serían: formato, sincronización, secuencia y control de errores. Los sistemas SCADA hacen uso de los protocolos de las redes industriales. Los protocolos orientados a bits son los usados comúnmente en la transmisión en las redes de datos LAN y WAN, para nuestro interés la red de datos a utilizar es LAN y el protocolo es MODBUS que se explicará más adelante.

Cada protocolo define su propio formato de los paquetes en el que se especifica el origen, destino, longitud y tipo del paquete, así como la información redundante

para el control de errores. Es decir, la información es entregada por paquetes o pequeños segmentos, de manera explícita, si una unidad quiere enviar un fichero de gran tamaño a otra, éste es fragmentado en el origen y se ensambla nuevamente en la unidad destino. Este proceso se encuentra estandarizado por un lineamiento llamado Modelo ISO OSI⁸. Es la forma que la ISO ve las etapas en que se va desarrollando el proceso de comunicación en redes de datos.

- **Modelo ISO OSI:** OSI define como los fabricantes pueden crear productos que funcionen con los productos de otros vendedores sin la necesidad de controladores especiales o equipamientos opcional creado por la Organización Internacional para la Estandarización ISO en la década de los setenta. Este modelo se encuentra dividido por capas o *suites* de protocolo, no son más que una jerarquía de pequeños de protocolos que trabajan juntos para llevar a cabo la transmisión de datos de un nodo a otro de la red. Este modelo está dividido en siete capas como lo muestra la siguiente figura:

⁸ Acrónimo correspondiente a: "Open System Interconnection"

Figura 3. Capas del Modelo OSI

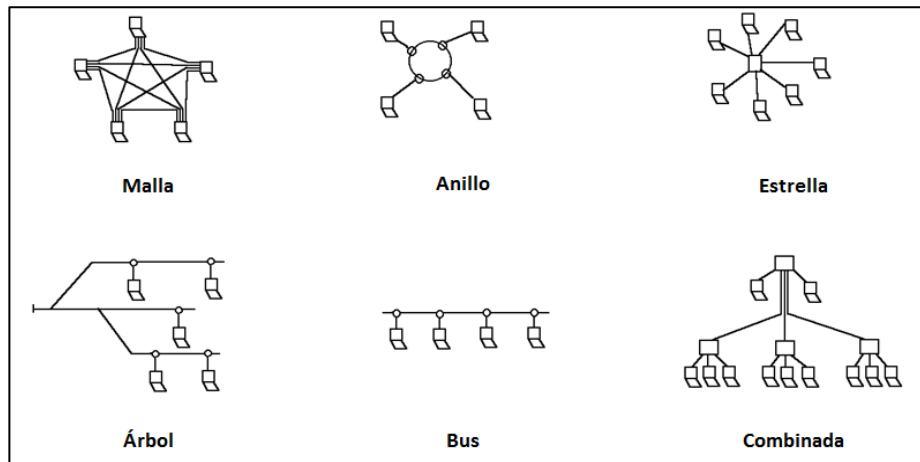


- ✓ **Capa física:** Es la encargada de la forma en la que está conectado el sistema, del entorno físico o los aspectos físicos sobre la forma en que el cableado está enganchado de la red hacia el computador.
- ✓ **Capa de enlace de datos:** Esta capa define las reglas para enviar y recibir información a través de la conexión física entre dos sistemas.
- ✓ **Capa de red:** Esta capa define protocolos para abrir y mantener un camino entre equipos de la red. Se ocupa del modo en que se mueven los paquetes de información. Esta tarea la realizan dispositivos denominados routers, define la ruta de los paquetes.
- ✓ **Capa de transporte:** Esta capa suministra el mayor nivel de control en el proceso que mueve actualmente datos de un equipo a otro.

- ✓ **Capa de sesión:** Coordina el intercambio de información entre equipos, se llama así por la sesión de comunicación que establece y concluye.
 - ✓ **Capa de presentación:** Esta capa puede considerarse el traductor del modelo OSI, convierte los paquetes a un modo genérico para poder ser leídos en otros computadores. Otra de las funciones, es la de cifrar datos y la de comprimirlos para reducir su tamaño.
 - ✓ **Capa de aplicación:** Esta capa proporciona la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones de usuario, adicionando a esto se encarga de brindar acceso general a la red. Sus aplicaciones se hacen disponibles a los usuarios y éstos emiten órdenes para requerir los servicios de la red.
- **Topología de red:** Existen diversas configuraciones de topologías de red. Estas configuraciones acoge tres campos: físico, eléctrico y lógico. El campo físico y eléctrico se puede entender como la configuración del cableado entre máquinas o dispositivos de control o conmutación. Cuando se habla de la configuración lógica se debe pensar en cómo se trata la información dentro de la red apropiada, cómo se dirige de un sitio a otro o cómo la toma en cada estación.
- Implementar una topología dependería de varios factores entre el campo físico y el lógico, debido a la amplia diferencia en su uso y concepto. A continuación se conocerán los tipos básicos de topología de red:
- **Punto a punto:** Considerada la más sencilla por tener una unidad maestra, la línea de comunicación y una unidad remota o terminal, es conocida como la estructura Maestro – Esclavo.
 - **Multipunto:** En esta topología existen varias terminales distantes, que se pueden conectar por líneas de comunicación independientes a la computadora o pueden enviar datos de varios dispositivos a la vez en una misma línea.

- **Estrella:** Esta es una red centralizada, una red estrella es un modo de disponer los nodos de una red, de tal forma que todas las transmisiones pasan por un dispositivo central de control. No utiliza cables compartidos, cada dispositivo tiene su propio cable dedicado.
- **Anillo:** Esta red es distribuida, y se da básicamente conectando cada nodo de la red en un ciclo cerrado con cada nodo enlazado a los nodos contiguos a la derecha y la izquierda. La ventaja de esta red es que se puede trabajar a grandes velocidades.
- **Colector o BUS:** Es una red simple ya que con un sólo tramo de cable como bus o tronco que es compartido por todos los dispositivos de la red.
- **Árbol o jerárquica:** Es de tipo completamente distribuida. Esta red jerárquica representa una red en donde unidades alimentan de información a otras, que a su vez alimentan a otras.
- **Malla:** Esta estructura de red es típica de las WAN, pero también se puede utilizar en algunas aplicaciones de LAN. Los nodos están conectados cada uno con todos los demás.
- **Combinadas:** Cuando se estudia la red desde el punto de vista puramente físico aparecen las topologías combinadas, que obviamente combina dos o más topologías anteriormente enunciadas para así crear una nueva.

Figura 4. Tipos de topología de red



1.2.2 Software de los sistemas SCADA. El software de los sistemas SCADA es el apoyo de todas las actividades dentro de estos sistemas, y dependiendo de su configuración se reflejará el funcionamiento de los mismos. La administración de los datos, adquisición y procesamiento, esta impartida por el software de los SCADA; donde a través de la MTU el operario, usuario o cliente accede a los datos procesados.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de datos históricos de las señale de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómatas, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

El software SCADA, o que incluyen SCADA como parte de ellos, algunos son. En la tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Referencias de Software SCADA

SOFTWARE	FABRICANTE
Aimax	Desing Instrument S.A.
CUBE	Orsi España S.A.
FIX	Intellution
Lookout	National Instruments
Monitor Pro	Schneider Electric
SCADA Intouch	LOGITEK
SYSMAC SCS	Omron
Scatt Graph 5000	ABB
WinCC	Siemens

1.3 CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS SCADA⁹

- **Fiabilidad:** La reacción de un sistema ante situaciones inesperadas determina su grado de fiabilidad. Más allá del servicio que ofrezca un sistema, este sistema debe ser fiable para que los usuarios puedan utilizarlo en condiciones óptimas.

⁹ Estos criterios son tomados del libro de "RODRIGUEZ PENIN, Aquilino. Sistemas SCADA. MARCOMBO, 2006. Pág. 36 – 43.

- **Disponibilidad:** "La alta disponibilidad" consiste en una serie de medidas tendientes a garantizar que el servicio funcione adecuadamente en cualquier momento, dentro de las especificaciones de diseño y básicamente se refiere al tiempo de respuesta del sistema, pues en caso de declararse un estado de alerta, la actividad que se desarrolla aumenta de forma considerable y el equipo debe poder asimilar toda la información que se genera.
- **Robustez:** Dado que las fallas no se pueden evitar por completo, el sistema debe estar en capacidad de mantener un nivel de operatividad suficiente como para mantener unos mínimos de servicios, eso quiere decir que cuando uno de los recursos falla, los otros recursos siguen funcionando mientras los administradores del sistema buscan una solución al problema.
- **Seguridad:** Una falla en el diseño, un usuario o una situación imprevista pueden alterar los parámetros de funcionamiento del sistema, es por eso, que el sistema debe permitir establecer estrategias para prevenir, detectar y defenderse ante estas acciones, estrategias como: el establecimiento de toda una serie de derechos y jerarquías de usuario, que limiten el acceso a datos sensibles mediante contraseñas, la encriptación de datos que se emitan desde las RTU, la filtración de toda la información que se reciba, la fijación de caminos de acceso predeterminados para la información y muchas otras, que para el sistema se consideren necesarias.
- **Mantenibilidad:** El sistema debe estar provisto de herramientas de diagnóstico que permitan realizar las tareas de mantenimiento preventivo, modificaciones y pruebas de forma simultánea al funcionamiento normal del sistema.
- **Escalabilidad:** Este concepto básicamente está relacionado con la posibilidad de ampliar el sistema con nuevas herramientas o prestaciones.

Se puede decir entonces, que una arquitectura escalable para un sistema de control es aquella con la capacidad de incrementar el rendimiento sin que tenga que rediseñarse y simplemente aprovecha el hardware adicional que sea necesario. Un sistema SCADA debe evolucionar ampliándose, actualizándose y adaptándose al entorno que controla de manera que funcione de forma eficiente.

2 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO TODO AIRE

Los sistemas de A.A se clasifican en función de los fluidos que transporta la energía térmica (calor o frío) hasta los locales. Los sistemas convencionales todo aire son aquellos en los que el aire se acondiciona directamente o bien, mediante agua fría y/o caliente o refrigerante que se vaporiza desde un equipo centralizado. A los locales no llega más que el aire tratado en una UTA¹⁰ o UMA¹¹, por medio de conductos e impulsado a través de diversos tipos de rejillas o difusores. Dado que el caudal de aire necesario para ventilación suele ser insuficiente para transportarlo, hay que implantar sistemas de mezcla de aire de retorno con el aire exterior (de ventilación o de renovación), de lo que se encarga la UMA.

2.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE A.A¹² TODO AIRE

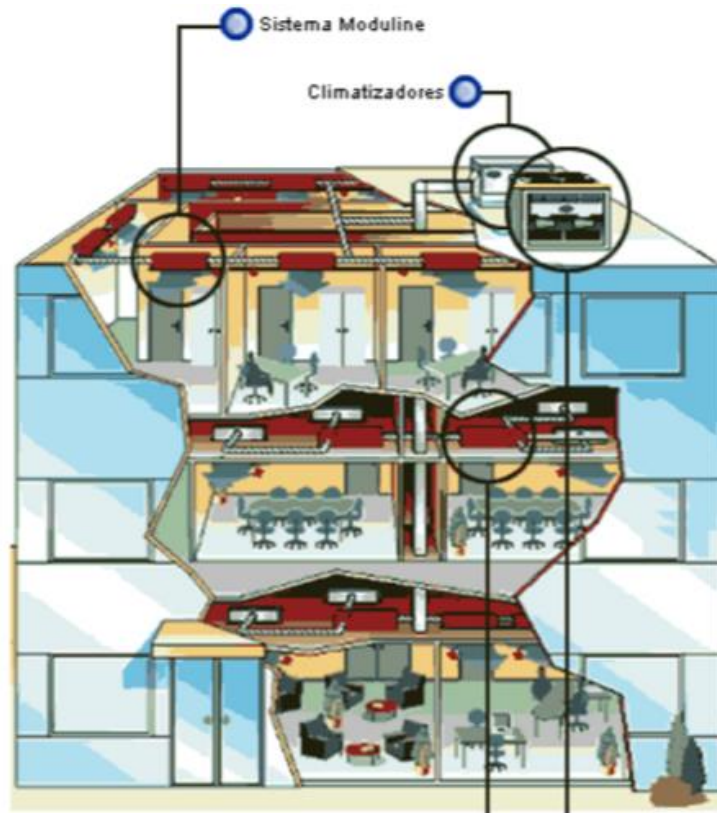
Estos sistemas hacen uso de aire frío o caliente. Podrán encontrarse sistemas de caudal constante o variable, con velocidades bajas, medias o altas. En un sistema todo aire, las cargas, tanto sensibles como latentes, son compensadas mediante las condiciones de temperatura y humedad del aire impulsado.

¹⁰ Acrónimo correspondiente a: “Unidad de Tratamiento de Aire” para la normativa española.

¹¹ Acrónimo correspondiente a: “Unidad Manejadora de Aire” para países americanos.

¹² Esta abreviatura indica Aire Acondicionado, lo cual se usará en este capítulo y en los siguientes.

Figura 5. Sistema todo aire



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/70180027/CLIMATIZACION>

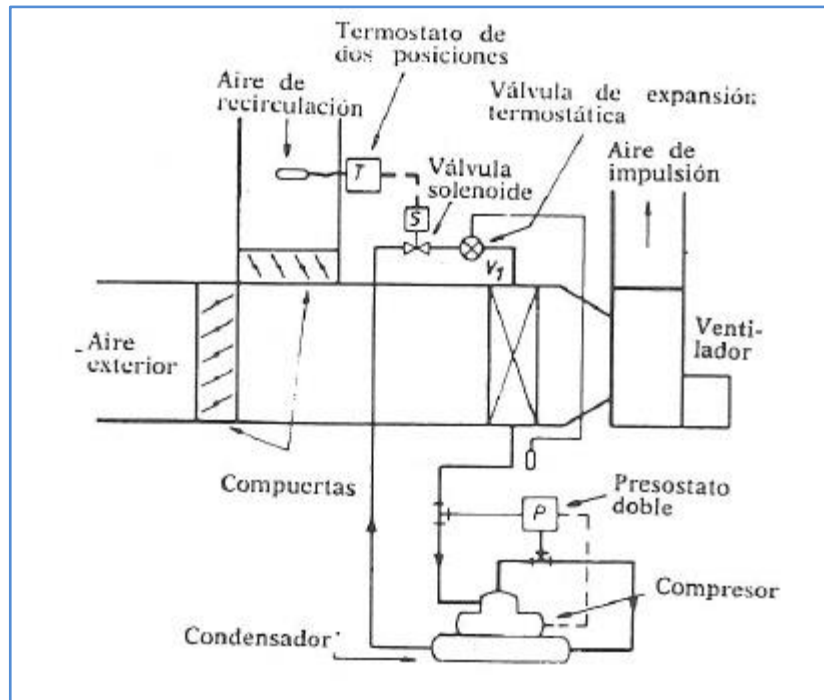
Dentro de los sistemas todo aire se puede encontrar diferentes variantes en función del control de la temperatura efectuado. Así, podemos encontrar instalaciones de:

- **Un solo conducto con volumen de aire constante.**
- **Instalaciones de una zona:** Control de temperatura de impulsión con termostato actuando sobre:
 - ✓ El compresor y/o la caldera, parando y deteniendo el fluido.
 - ✓ Un bypass hace que el aire de recirculación no pase por la batería, bien sea la de calentamiento o enfriamiento.

- ✓ Con regulación sobre la batería de postcalentamiento; ofrece un control independiente de temperatura y humedad pero costes de instalación y operación elevados.

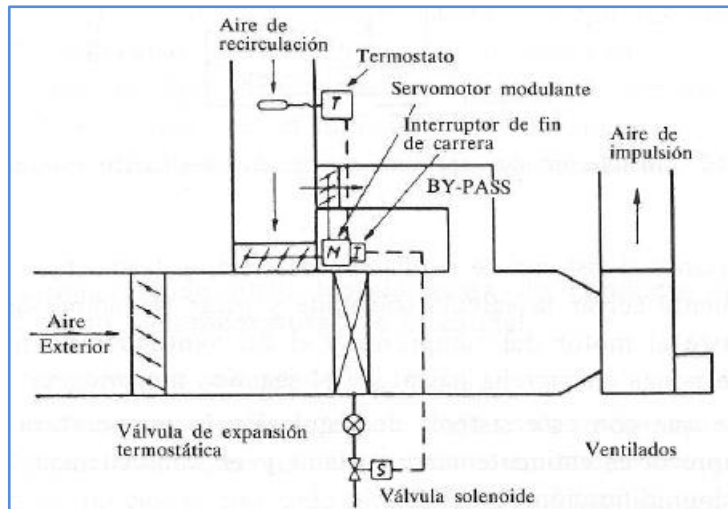
En las siguientes figuras se mostrarán los tipos de instalaciones de sistemas todo aire.

Figura 6. Instalación con regulación de temperatura actuando sobre la batería de enfriamiento



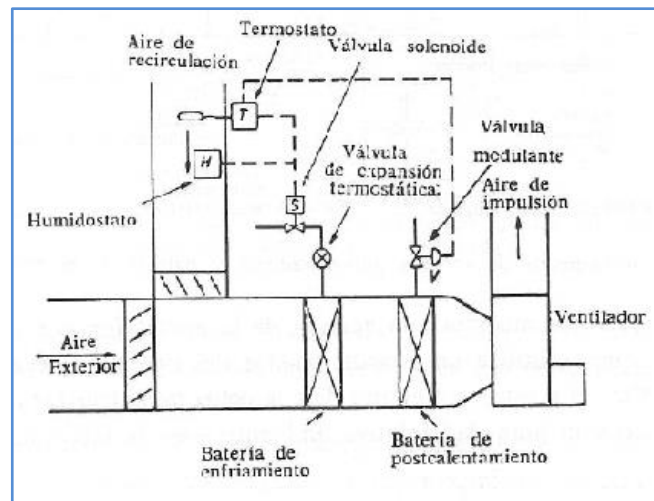
Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

Figura 7. Instalación con regulación de temperatura por by-pass



Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

Figura 8. Instalación con regulación de temperatura por batería de postcalentamiento



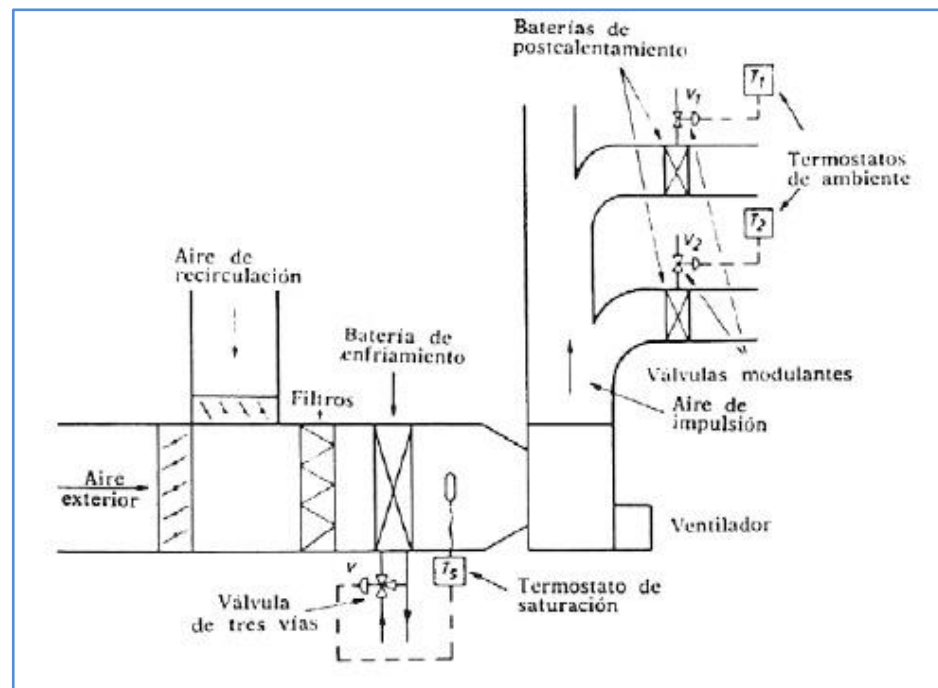
Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

➤ **Instalaciones de varias zonas (zonas múltiples)**

La regulación de temperatura se hace por medio de un termostato actuando sobre:

Con caudal o volumen de aire constante y temperatura variable. El aire es tratado centralmente, y posteriormente es terminado de acondicionar en una batería para cada zona; tiene altos costes de instalación y de operación.

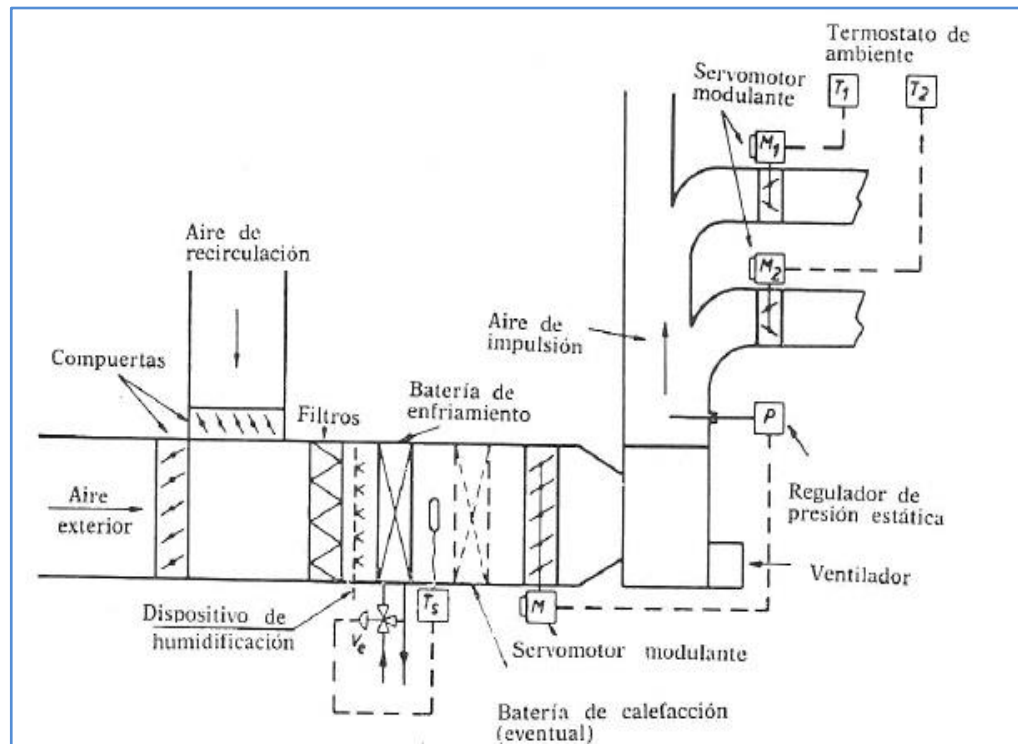
Figura 9. Instalación de zonas múltiples con volumen de aire constante y temperatura variable.



Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

Con caudal o volumen de aire variable y temperatura constante. El aire es tratado centralmente, y en cada zona se regula el caudal introducido en función de las necesidades. Su problema está en interacción de caudales.

Figura 10. Instalación de zonas múltiples con volumen de aire variable y temperatura constante.



Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

Además, con temperatura y caudal variables; son la unión de los dos sistemas anteriores, actúan primero sobre las compuertas hasta un cierto valor límite preestablecido, y después sobre las baterías.

Con caudal variable y recirculación local; un climatizador central sirve a varias zonas, en las que se toma aire de recirculación de la propia zona.

Con caudal variable, recirculación local y temperatura variable; igual al anterior, pero en cada zona además incorpora baterías propias.

➤ **Un solo conducto con volumen de aire variable (VAV)**

En esta configuración se envía el aire primario a una temperatura constante y varía el flujo o volumen de aire para mantener la temperatura del espacio requerida a las condiciones de carga.

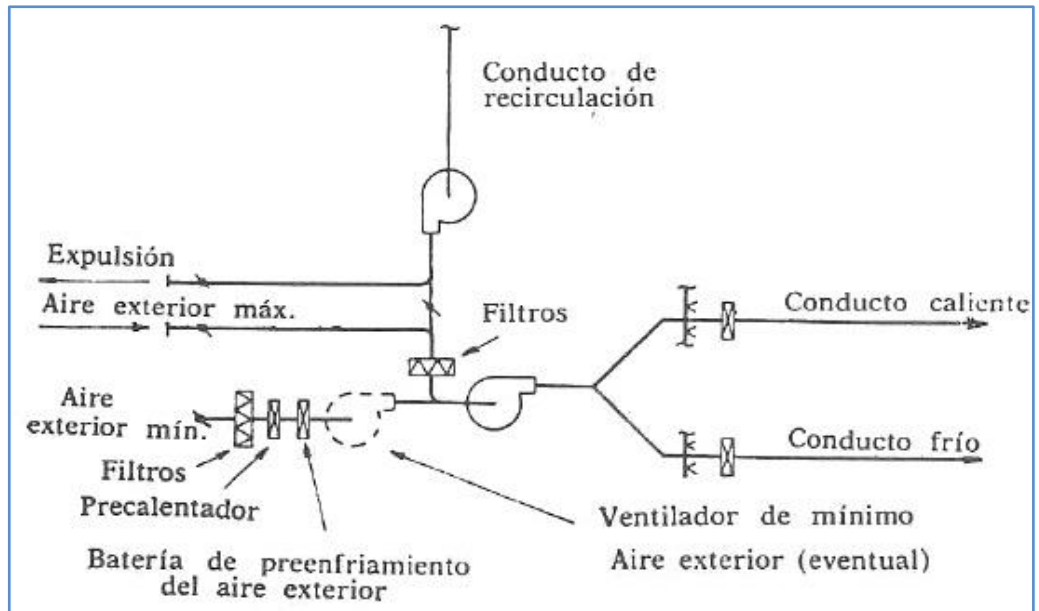
Los sistemas de VAV generalmente están diseñados para suministrar aire a un gran número de espacios en cantidades variables, que fluctúan desde un mínimo preestablecido hasta la plena carga del diseño, normalmente el volumen mínimo equivale al 20 o 25 % del máximo.

El gasto volumétrico de aire se controla en las cajas terminales y la velocidad del ventilador debe responder a los requerimientos del sistema. Debido a que la capacidad del ventilador es directamente proporcional a su velocidad y la potencia requerida es proporcional al cubo de la velocidad, ésta debe disminuir cuando el gasto volumétrico decrece. Para estos sistemas la fuente de potencia más razonable es el motor eléctrico de velocidad variable (o adicionando un variador de frecuencia).

➤ **Instalaciones de doble conducto**

Todo el aire es tratado centralmente en dos partes, y enviado por dos conductos (uno frío y el otro caliente) a todas las diferentes zonas, la mezcla de aire se hace al final. Son instalaciones voluminosas al requerir dos conductos.

Figura 11. Esquema de instalación de doble conducto



Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

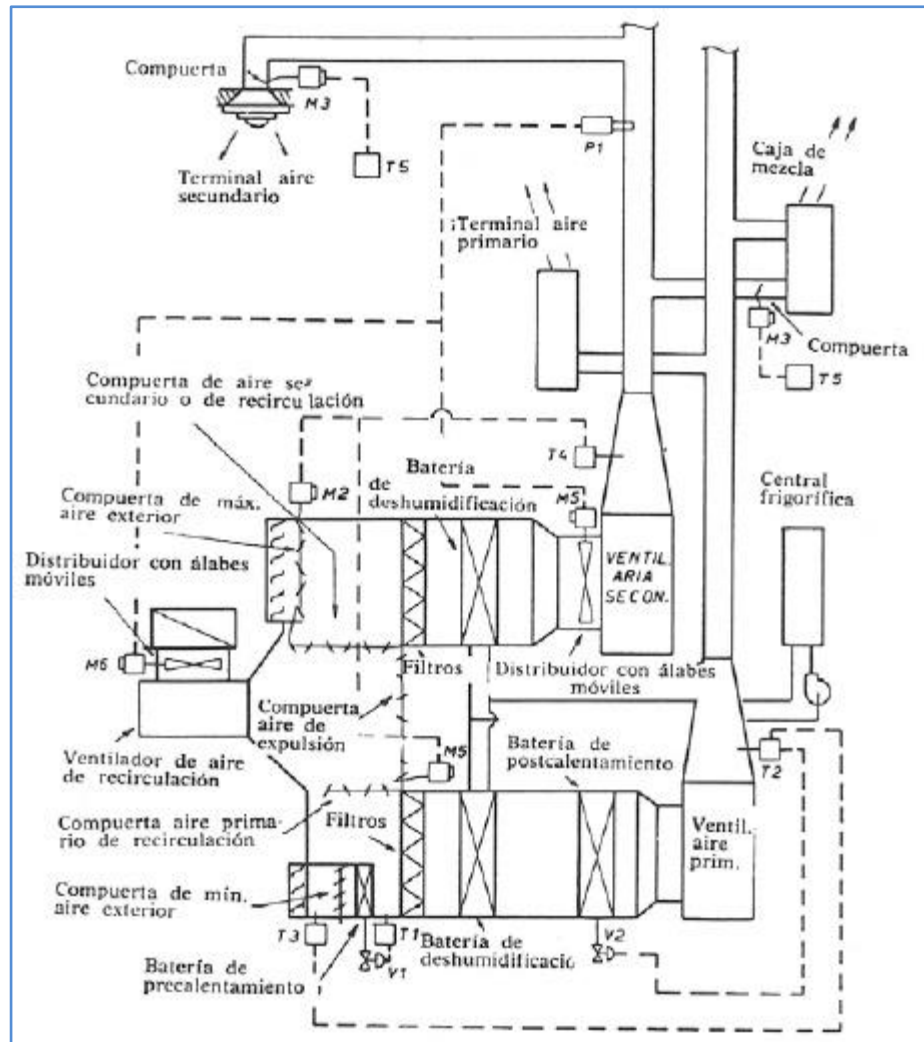
➤ Instalación de conducto dual

Cada ambiente recibe dos flujos de aire totalmente independientes:

- ✓ Uno primario, con caudal constante y temperatura variable.
- ✓ Otro secundario, a temperatura constante y caudal variable.

Las diferencias con respecto al sistema de doble conducto son que los conductos son menores (los dos conductos pueden contribuir para frío); la regulación de humedad se hace independiente de la temperatura.

Figura 12. Esquema de instalación de conducto dual.



Fuente: Modificado de Manual de Aire Acondicionado Marcombo.

2.1.1 Características de los sistemas todo aire

- Se destaca la posibilidad de división de la instalación en zonas y de un cambio estacional fácil y sencillo.

- La centralización de los componentes principales en una sala independiente, hace que no se requiera en los ambientes acondicionados mantenimiento alguno, dado que no existen como en los otros sistemas, filtros, tuberías, desagües, elementos eléctricos, ni generación de ruidos.
- Permiten mediante un proyecto adecuado de conductos, una distribución flexible del aire con un buen barrido, así como un efectivo control de humectación.
- Admiten la fácil adaptación de los sistemas de recuperación del calor.
- La utilización del aire exterior como fuente de ventilación y eventualmente para refrigeración en las épocas intermedias.
- Elementos internos desmontables para facilitar limpieza.
- Se protege a los usuarios contra la proliferación de las bacterias que se encuentran en los recipientes de condensación de los aparatos tradicionales.
- Las paredes y columnas son liberadas enteramente. Sólo son aparentes los difusores de soplado y recogida.

2.1.2 Desventajas de los sistemas todo aire

- Se necesita mayor espacio para la distribución de los conductos, especialmente cuando las UMA están muy alejadas y existe limitación de la altura de vigas y losas de los techos.
- Se requiere la regulación de los caudales de aire por los conductos para cada uno de los locales servidos que algunas veces se hace con dificultad.
- Dificultad en el trazado correcto para el equilibrio de presiones, en grandes instalaciones, lo cual genera una distribución incorrecta del aire.

2.2 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE A.A TODO AIRE

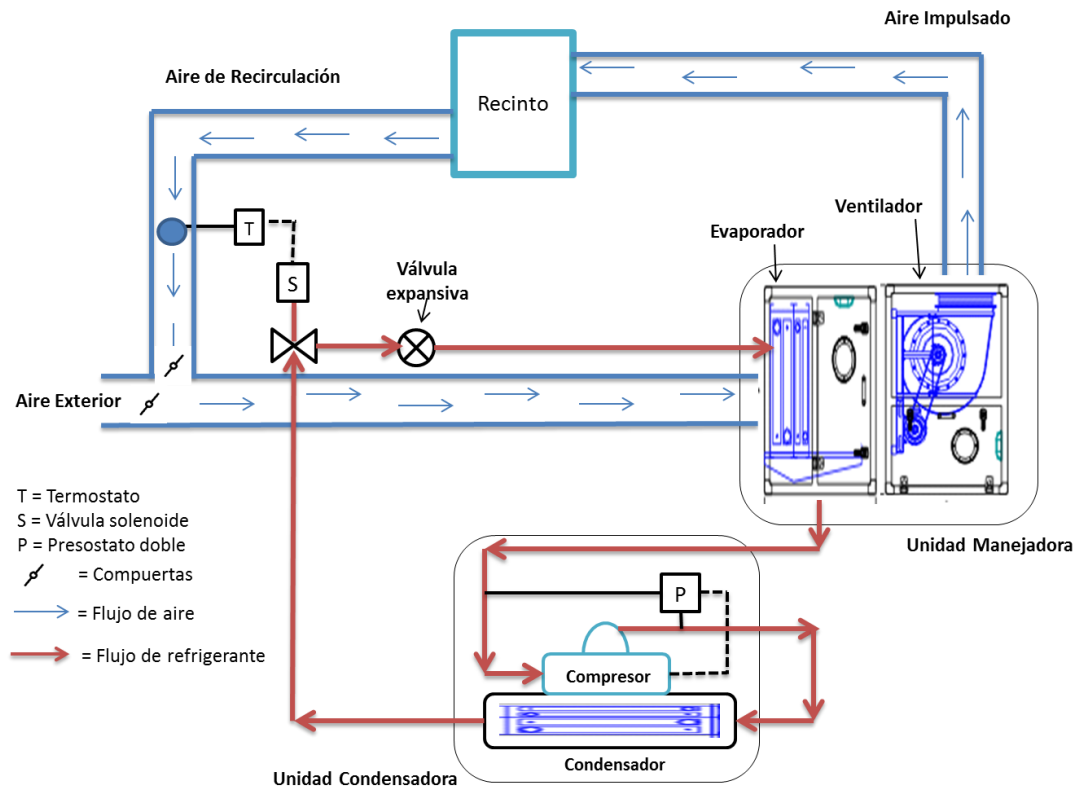
Para nuestro caso, el sistema de aire acondicionado de los auditorios en estudio tiene una instalación con regulación de temperatura actuando sobre la batería de enfriamiento. Están distribuidos por varios componentes para establecer las mejores condiciones de confort en el recinto, éstos se mencionarán y se serán descritos a continuación, en este proyecto el enfoque es la unidad manejadora y la unidad condensante, o unidad interior y unidad exterior, respectivamente.

Los principales componentes de éste son:

- Unidad manejadora
 - ✓ Evaporador
 - ✓ Ventilador o blower
 - ✓ Filtros
- Unidad condensante
 - ✓ Condensador
 - ✓ Compresor
- Válvula de expansión o tubo capilar
- Línea de succión
- Línea de descarga

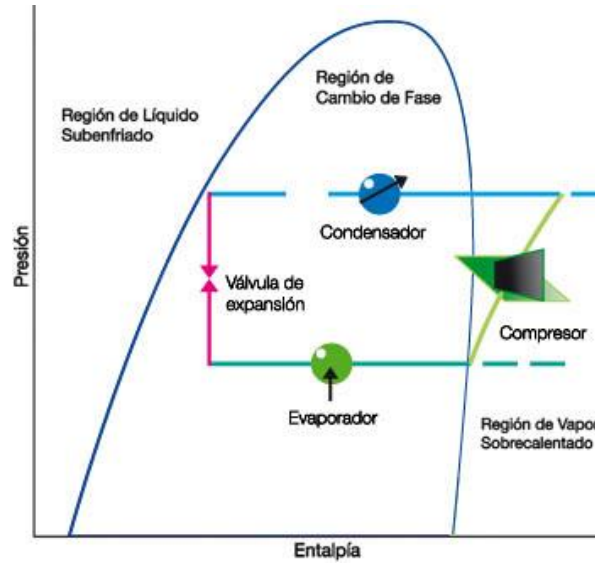
Para mejor entendimiento, en la siguiente figura se indicarán los componentes de los sistemas de aire acondicionado en estudio y aplicar el sistema SCADA.

Figura 13. Esquema de los sistemas de A.A de los auditorios mencionados.



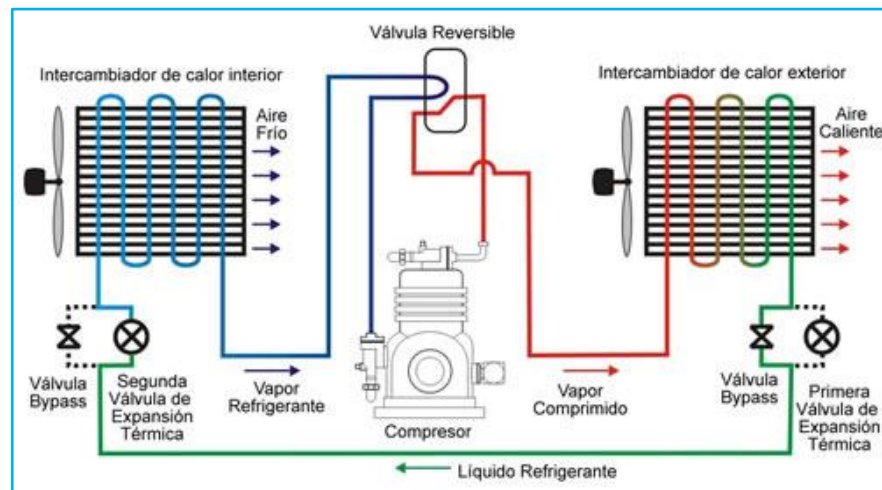
La siguiente figura representa el ciclo de A.A en el de Mollier y el comportamiento del fluido refrigerante en éste.

Figura 14. Diagrama P-h (Mollier) del ciclo ideal de refrigeración por compresión



Fuente: [http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2010/09/refrigerantes-
aprovechamiento-tendencias-y-nuevas-tecnologias-2/](http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2010/09/refrigerantes-aprovechamiento-tendencias-y-nuevas-tecnologias-2/)

Figura 15. Funcionamiento de un ciclo de refrigeración mecánica



Fuente: <http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>

2.3 ELEMENTOS DE CONTROL DEL SISTEMA DE A.A

Para el funcionamiento apropiado de los sistemas de A.A, se le agradece a un conjunto de elementos eléctricos y mecánicos, donde su cantidad depende de la potencia del aire. A continuación se describirán los elementos que se encontraron en las unidades de aire acondicionado:

2.3.1 Contactores. Se puede definir como un aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga. La energía de accionamiento puede ser de tipo mecánica, electromagnética, neumáticas e hidráulicas. En el caso de los electromagnéticos se pueden dividir en contactos principales y auxiliares. Los principales son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia y están abiertos en reposo. Los auxiliares son los encargados de abrir el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados.

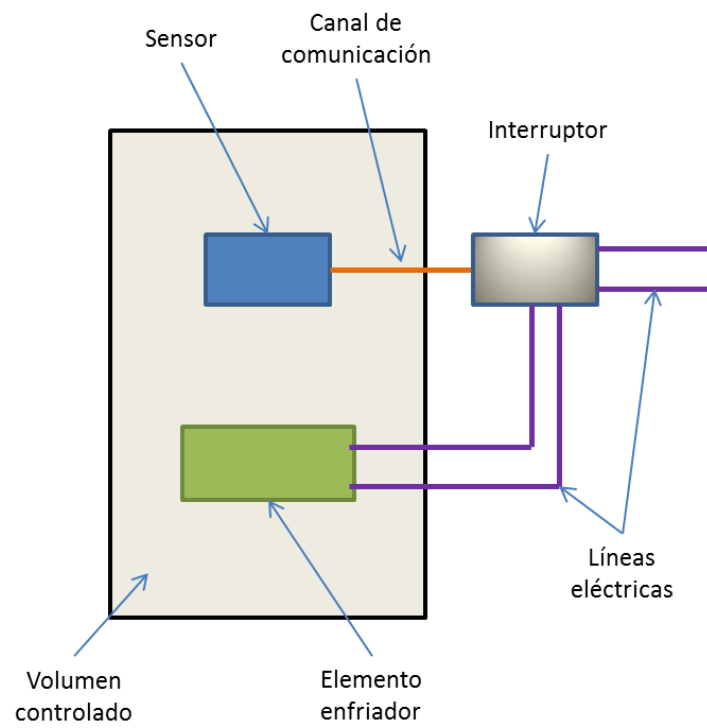
2.3.2 Relés. Dispositivo diseñado para producir cambios predeterminados y repentinos en uno o más circuitos eléctricos de salida cuando se cumplen con ciertas condiciones en los circuitos eléctricos de entrada que controlan el dispositivo.

2.3.3 Relé térmico de sobrecarga. Esta clase de relé, asegura una protección térmica contra sobrecargas pequeñas. Además, debe estar asociado, necesariamente, con fusibles, para asegurar el circuito contra los cortocircuitos. Así, pues, los calibres de los fusibles están determinados por el calibre del relé térmico.

2.3.4 Relé temporizador. El relé temporizador a la conexión permite realizar una temporización a partir del instante de conexión de su bobina. Normalmente suele aportar dos contactos temporizados, uno Normalmente Abierto y otro Normalmente Cerrado.

2.3.5 Termostato. Es un dispositivo que se emplea para mantener la temperatura en un punto determinado de un ambiente o sistema; los mismos adquieren varias formas o tipos, pueden ser tan simples como una lámina metálica o extremadamente complejos como microprocesadores. Posee un elemento sensor de la temperatura que cambia alguna magnitud con el cambio de esta, este cambio se utiliza para operar un interruptor eléctrico que apaga o enciende el elemento calefactor (o enfriador) o para abrir o cerrar una compuerta por donde entra el calor (o el frío) al área en cuestión.

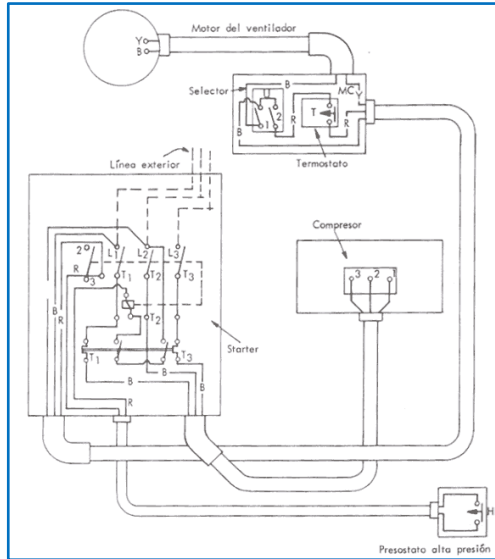
Figura 16. Esquema de un termostato eléctrico



Fuente: Modificado de

<http://circuitosesquemastermostatos.blogspot.com/2010/05/termostato-electronico.html>

Figura 17. Esquema eléctrico de control del termostato y presóstato sobre los diferentes componentes del A.A.

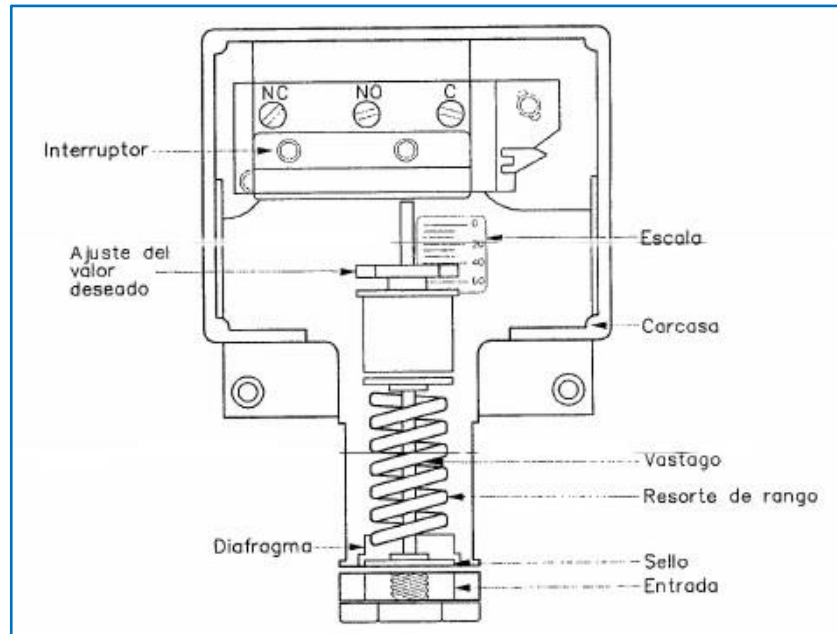


Fuente:

http://www.tecnicsuport.com/index.php?pagina=http://www.tecnicsuport.com/clima/taulesconsulta/acondicionadores_autonomos_compactos/Condesnsador_por_agua/condensador_por_agua.htm

2.3.6 Presóstato. También es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Figura 18. Presóstato



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos63/compresores-embolo-piston/compresores-embolo-piston2.shtml>

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS A.A DE LOS AUDITORIOS LUIS A. CALVO Y FUNDADORES

A continuación se realizará una descripción de los sistemas de A.A mencionados en este trabajo, teniendo en cuenta los detalles técnicos de cada uno de estos sistemas. Cabe destacar que ambos sistemas son del mismo tipo, pero sus componentes son de distintas capacidades y características.

Figura 19. Composición de los sistemas de A.A todo aire.



2.4.1 Sistema de A.A Central del Auditorio Fundadores. El A.A Central del Auditorio Fundadores, es un aire marca Paramo, del tipo dividido, la unidad manejadora se encuentra en un cuarto antes de salir al exterior de la azotea de la biblioteca de la facultad de salud de la UIS, mientras que la unidad condensante se encuentra en el exterior de esta azotea. El acceso se encuentra ubicado en el segundo piso de la biblioteca. Está clasificado como sistema aire-aire y sus componentes principales son los siguientes:

- Unidad manejadora de aire (unidad interior)
- Unidad condensadora (unidad exterior): compresores y ventiladores

2.4.1.1 Unidad manejadora de aire. La manejadora de aire es la unidad interior que incluye una bomba de calor o un serpentín de enfriamiento o un evaporador y ventilador. La función de esta unidad es simplemente la de enviar el aire refrigerado hasta el espacio a climatizar. No producen calor ni frío por sí mismos, que les llega de fuentes externas por tuberías (para nuestro caso gas refrigerante). En esta unidad marca Paramo se encuentran filtros, el evaporador, el blower y el motor de accionamiento del blower, esta unidad tiene las siguientes dimensiones: 2.45 m de largo, 80 cm de ancho y 2 m de alto. En la figura se representa la unidad manejadora de los dos sistemas de A.A siguiendo la secuencia de esta forma: el aire absorbido o de retorno pasa por los filtros y se enfría a través del evaporador, finalmente es impulsado por el ventilador por los ductos. Es así como se da este proceso dentro de la UMA.

Figura 20. Esquema unidad manejadora Fundadores



Figura 21. UMA del A.A Auditorio Fundadores



Tabla 2. Datos Unidad manejadora

DATOS DE LA UNIDAD MANEJADORA	
Marca	Paramo
Modelo	UMAC-20-DX-2-V1-D-A
Serie	95I-14509-31873
2 Blower	LAU 15x15 $\varnothing 1 \frac{7}{16}$

La estructura de este equipo está recubierta con lámina corrugada, además la componen también una serie de filtros de material plástico.

➤ **Filtros:** La filtración del aire es uno de los procesos más importantes para garantizar la remoción de partículas que puedan contaminar los procesos dentro de un recinto. La eficacia de los filtros de aire en estos sistemas influye de forma significativa en la calidad del aire en el interior. La ASHRAE recomienda filtros de aire con un MERV (Valor de eficacia mínima a reportar, por sus siglas en inglés)

de 6 o mayor para controlar las cantidades de polen, moho y polvo que alcanzan las baterías mojadas del evaporador en los sistemas de A.A.

Figura 22. Filtro UMA Fundadores

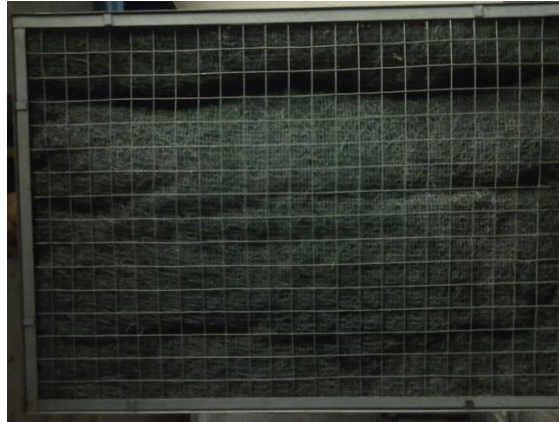


Tabla 3. Datos del filtro UMA fundadores

DATOS DEL FILTRO UMA FUNDADORES			
Modelo	MIXTO	Velocidad en PPM	500
Serie	AA-1 GR-1000 (Acetato acrílico) Poliéster	Capacidad en cfm	1380
Medidas	25"x16"x1"		

➤ **Evaporador:** El evaporador en un aire acondicionado, es un intercambiador de calor que tiene por función enfriar y deshumidificar el aire que lo atraviesa. Durante este proceso absorbe calor del aire, produciéndose dos eventos: El aire se enfría y el vapor de agua presente en este aire se condensa en las aletas del evaporador, y el fluido refrigerante se evapora y se recalienta.

Antes de que el fluido refrigerante llegue al evaporador, éste ha sufrido una caída de presión debido un dispositivo llamado válvula de expansión o tubo capilar quien

lo controla en el estado líquido. Más adelante se explicará el concepto de válvula de expansión.

Existen varios tipos según alimentación de refrigerante

- ✓ De Expansión Directa o Expansión Seca
- ✓ Inundados
- ✓ Sobrealimentados

Según tipo de construcción

- ✓ Tubo descubierto
- ✓ De superficie de Placa
- ✓ Aleteados

Para nuestro estudio, se encuentra el evaporador aleteado. Las aletas sirven como superficie secundaria para absorber el calor y tiene por efecto aumentar el área superficial externa del intercambiador de calor, mejorándose por tanto la eficiencia para enfriar fluido refrigerante.

Figura 23. Evaporador de la unidad manejadora Fundadores

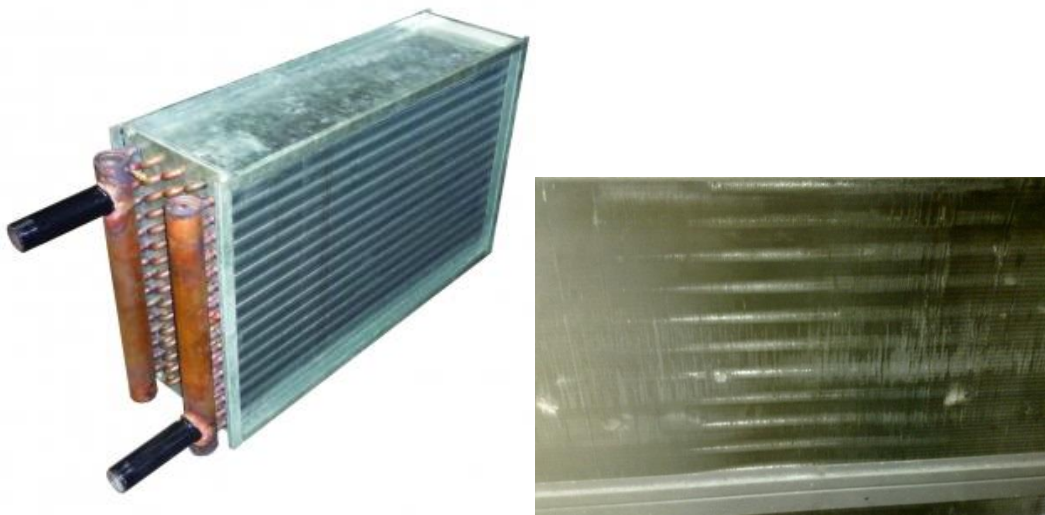


Tabla 4. Datos del evaporador Fundadores

DATOS DEL EVAPORADOR FUNDADORES	
No de tubos	66
No de filas de tubos	3
Aletas por pulgada	12

➤ **Ventilador o blower:** Es el elemento mecánico que debe generar el caudal y alcanzar la presión estática necesarios para hacer circular el aire acondicionado por la red de conductos a través de la instalación. Los ventiladores usados para la unidad manejadora generalmente son los centrífugos cuya mayor presión estática los convierte en los ideales para este tipo de equipos, ya que el aire debe circular fluidamente a través de los filtros, baterías de frío y redes de ductos hasta los distintos difusores del sistema.

Figura 24. Ventilador y su motor



Tabla 5. Datos técnicos del motor del blower.

MOTOR DEL BLOWER DEL EVAPORADOR					
Marca	Siemens	Modelo	1LA3 113-4YB60	Clase	F
Voltaje	220V	Numero de fases	3	Velocidad	1745 Rpm
Frecuencia	60 Hz	Potencia	6,6 HP	Factor de Potencia	0,8

2.4.1.2 Unidad Condensante. Es la unidad exterior que engloba generalmente el compresor, el ventilador de extracción (para tiro forzado) y la batería de condensación. Desde el compresor, el vapor de refrigerante caliente pasa al condensador. Aquí, el vapor de refrigerante caliente a alta presión es enfriado por el aire que es soplado sobre las bobinas de condensación con aletas por los ventiladores del condensador, a medida que se desplaza por las bobinas con aletas. Cada vez que el refrigerante se "enfía", cambia de estado de vapor caliente a líquido caliente a alta presión y pasa a la válvula de expansión. Existen tres tipos de condensadores: enfriados por aire, enfriado por agua y evaporativo. Tomaremos para nuestro caso el enfriado por aire. En nuestro estudio el condensador enfriado por aire es el utilizado en ambos auditorios, quizás son los de mayor uso los de este tipo, el vapor sobrecalentado es condensado cediendo calor al aire externo que circula entre las aletas. Se pueden encontrar de dos tipos: estáticos y tiro forzado. Los estáticos, casi siempre son de tubo liso con velocidad lenta del aire con el inconveniente de incrustación de suciedad; y los de tiro forzado aumentan la velocidad del flujo de aire mediante ventiladores. Para el auditorio Fundadores, la unidad tiene como dimensiones 3.1 m de largo, 1.1 m de ancho y 1.1 m de alto, además contiene dos compresores herméticos, el condensador, el sistema de control de los compresores y los ventiladores. Este condensador es de tipo aleteado, de tiro forzado, el cual es enfriado por aire, la circulación de aire se hace por medio de 3 ventiladores.

Figura 25. Unidad condensante A.A Auditorio Fundadores



Tabla 6. Especificaciones unidad condensante

UNIDAD CONDENSANTE			
Marca	Paramo	Equipos anexos	
Modelo	UCA-26B-2-0-A	Equipo	Cantidad
Serie	951-1450 9431869	Compresores	2
	-----	Ventiladores	3

2.4.1.3 Compresores. Es el principal elemento del ciclo de refrigeración. Posee dos funciones: El refrigerante entra al compresor como un vapor caliente de baja presión, es decir, succionar el vapor refrigerante. Y, como segunda función, saca de allí como el vapor caliente a alta presión. Existen tres tipos de compresores: reciprocantes, rotativos y centrífugos. Existen otros tipos desarrollados por la industria como lo son los motocompresores semi – herméticos y herméticos.

➤ **Compresor reciprocante:** Se compone de un pistón accionado por un cigüeñal que realiza carreras alternas de succión y compresión en un cilindro provisto con válvulas de succión y descarga.

- **Compresor rotativo:** Un tornillo sin fin gira para comprimir el gas entre el cilindro y una pieza rotatoria permite el paso del gas. Eficiencia media.

- **Compresor centrífugo:** Un rotor en forma de espiral comprime el gas sin interrupción girando en torno a otro espiral fijo. Este tipo de compresor es el utilizado para los aires acondicionados domésticos o split al ser muy eficiente energéticamente hablando.

- **Motocompresor semi – hermético:** Este tipo de compresores fue iniciado por compañía Copeland y es utilizado ampliamente en los populares modelos Copelametic. El compresor es accionado por un motor eléctrico montado directamente en el cigüeñal del compresor, con todas sus partes, tanto del motor como del compresor, herméticamente selladas en el interior de una cubierta común. Las cabezas cubiertas del estator, placas del fondo y cubiertas de Carter son desmontables permitiendo el acceso para sencillas reparaciones en el caso de que se deteriore el compresor.

- **Motocompresor hermético:** Este fue desarrollado en un esfuerzo para lograr una disminución de tamaño y costo y es ampliamente utilizado en equipo unitario de escasa potencia. Presenta el mismo funcionamiento que el semi – hermético pero el cuerpo es una carcasa metálica sellada con soldadura. En este tipo de compresores no pueden llevarse a cabo reparaciones interiores puesto que la única manera de abrirlos es cortar la carcasa del compresor.

Los compresores están ubicados dentro de la unidad condensante, son de tipo herméticos y trifásicos.

Figura 26. Compresores Unidad Condensadora A.A Auditorio Fundadores



Tabla 7. Especificaciones de los compresores

CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPRESORES			
Marca	Copeland	Serie	95608426- 95608420
Modelo	BRK-1200-TFC- 505	Frecuencia	60 Hz
Tipo	Hermético	Numero de fases	3
Voltaje Nominal	208/220 v	Potencia	12 Hp
Refrigerante	R22	Capacidad	150000 BTU/h a 95°F/35°C de Temp. Ambiente
Temp. Evaporación	45°F/7,2°C	Temp. Condensación	130°F/54,4°C
Temp. Líquido	115°F/46°C	Temp. Retorno	65°F/18,3°C

Para tener una mejor claridad y conocer algunas de sus características, el fabricante proporciona información para interpretar la nomenclatura establecida en el modelo de cada equipo de la siguiente manera:

B R K 2-1200-T F C-505

Tabla 8. Especificación modelo compresores

Explicación modelo de compresores			
B	Serie de familia de compresores Copeland	1200	Potencia Nominal del motor : 1200= 12 HP
R	Alta temperatura	T	Tipo del motor: motor trifásico
K	Tipo de desplazamiento, según la serie del compresor le asignan una letra	F	Tipo de protección: Protección Interna-Inherente Un Protector (salto de línea)
2	Variación del modelo, un número único asignado para indicar un modelo diferente dentro de una familia de compresores	C	Características Eléctricas
			60 HZ : 208/230
505	Variaciones del Producto: número que indica configuración de compresor e indica si tiene accesorios incluidos		

- ✓ **Ventiladores:** La unidad condensante posee tres ventiladores axiales los cuales son los encargados de impulsar hacia el ambiente exterior el aire caliente proveniente de la unidad condensadora.

Figura 27. Ventilador extractor A.A Fundadores



A continuación se muestra las especificaciones de estos:

Tabla 9. Especificaciones de los ventiladores de la unidad condensadora

Ventiladores de la condensadora					
Marca	Ro Smitt	Modelo	F48SZ6B1	Velocidad	1745 Rpm
Voltaje	220 v	Numero de fases	1	Potencia	1,5 HP
Frecuencia	60 Hz	Tipo	F		

2.4.2 Válvula de expansión o tubo capilar. Es lo que realmente hace el trabajo para el refrigerante. A medida que el líquido refrigerante caliente pasa a través de una pequeña abertura a alta presión en la válvula por un lado, sale como una niebla fría a baja presión por el otro lado porque a medida que un gas se expande, se enfría. Después de haber pasado por ese proceso, el refrigerante en forma de vapor frío líquido a baja presión pasa al serpentín del evaporador.

Figura 28. Válvulas de expansión A.A Fundadores



2.4.3 Línea de succión. Es la tubería que transporta el refrigerante en forma de vapor, desde el evaporador hasta el compresor.

2.4.4 Línea de descarga. Es la tubería que conduce el vapor sobrecalentado, desde la descarga del compresor hasta el condensador.

2.5 SISTEMA DE A.A CENTRAL DEL AUDITORIO LUIS A. CALVO

Figura 29. Auditorio Luis A. Calvo



Este sistema se encuentra ubicado en el auditorio Luis A Calvo, este sistema es de tipo aire-aire, dividido muy similar al del auditorio Fundadores. A continuación se muestran los detalles para este sistema, el cual está conformado por:

- Unidad manejadora de aire
- Unidad Condensadora: Compresores y ventiladores.

2.5.1 Unidad manejadora de aire. La unidad manejadora de aire acondicionado del Luis A Calvo, es una unidad de marca Fedders, modelo CCL51LORFOKDOA DR 01 6516. Sus dimensiones son 3.20 m de largo, 3.35 m de ancho, 1.85 m de alto, esta unidad cuenta con el evaporador, el blower y el motor solidario al blower.

Figura 30. UMA A.A Luis A. Calvo.



Tabla 10. Datos unidad manejadora Luis A. Calvo

DATOS DE LA UNIDAD MANEJADORA			
Marca	Fedders	Datos del serpentín	
Modelo	CCL51LORFOKDOA DR 01 65 16	No de tubos	296
2 Blower	LAU 15x15 $\text{Ø}1 \frac{7}{16}$ "	No de filas de tubos	4
		Aletas por pulgada	12

➤ **Filtro UMA Luis A. Calvo:** Los filtros se encuentran antes de la unidad de evaporación o evaporador. Se encuentra una primera sección de prefiltrado y

después de filtrado con las misma características, es decir, se usa los mismos filtros en especificaciones técnicas.

Figura 31. Filtro UMA Luis A. Calvo



Tabla 11. Datos del filtro UMA Luis A. Calvo

DATOS DEL FILTRO UMA LUIS A. CALVO			
Modelo	ALTA VELOCIDAD (AV)	Velocidad en PPM	625
Características	En aluminio y alta capacidad de retención de polvo. Baja resistencia al paso de aire	Capacidad en cfm	2170
Medidas	24"x24"x1"		

➤ **Evaporador UMA Luis A. Calvo:** Las dimensiones de este evaporador son 120" x 82" x 10 ¼", se encuentran dos evaporadores uno encima del otro. El acceso hacia éstos fue tedioso debido al espacio para tomar registro fotográfico.

Figura 32. Evaporador UMA Luis A. Calvo



Tabla 12. Datos del evaporador Luis A. Calvo

DATOS DEL EVAPORADOR LUIS A. CALVO	
No de tubos	66
No de filas de tubos	3
Aletas por pulgada	12

Figura 33. Ventilador o blower UMA Luis A. Calvo



Tabla 13. Características motor del blower

MOTOR DEL BLOWER UMA A.A LUIS A. CALVO				
Marca	Century Electric Co.	Modelo	SC-286U-FCA-9-003586-00	
Voltaje Nominal	208-220v/440v	3 Fases	Velocidad	1730 rpm
53-50/25 A	----	Frecuencia	60 Hz	Potencia: 20Hp

2.5.2 Unidad condensadora. Esta unidad posee ocho ventiladores de tipo axial, los cuales son los encargados de impulsar hacia el ambiente exterior el aire caliente proveniente de la condensadora, dos compresores semi – herméticos, el condensador y el sistema de control, el fabricante de este equipo es la compañía Fedders y el modelo es CRC070314200CA serie JR 448189.

Figura 34. Unidad Condensadora A.A Luis A. Calvo



Tabla 14. Características de los motores en la unidad condensante A.A Luis A. Calvo

PLACA 2 UNIDAD CONDENSADORA							
Frec.	60 Hz	N°	Volts	PH	RLA ¹³ FLA	FLA	RLA
Comp. Motors		1	460	3	120.3	283	67,1
		2	460	3	-	283	62,6
Fan Motors		8	460	1	120	-	-

➤ **Compresores:** A continuación se mostrará las características de cada uno de los compresores. En este caso, la unidad condensante posee dos compresores. Los dos compresores son del mismo fabricante el cual es Copeland y son semi – herméticos.

¹³ Acrónimo correspondiente a: “Rated Load Ampere” Corriente Máxima de Operación. FLA es el acrónimo correspondiente a “Full Load Ampere”. Estos dos términos significan lo mismo.

Figura 35. Compresor 1



Tabla 15. Características del compresor 1

COMPRESOR 1			
Marca	Copeland	Modelo	6RK2-3500-TSK-200
Serie	EK 10C01890R	Capacidad	381000 BTU/h a 95°F/35°C de Temp. Ambiente
Tipo	Semi - hermético	Número de fases	3
RLA	67,1 A	Refrigerante	R22
LRA	283 A	Voltaje Nominal	460 V
Potencia	40 HP	Temp. Evaporación	45°F/7,2°C
Temp. Condensación	130°F/54,4°C	Temp. Líquido	115°F/46°C
Temp. Retorno	65°F/18,3°C	Flujo	128,1 m3/h

Figura 36. Compresor 2

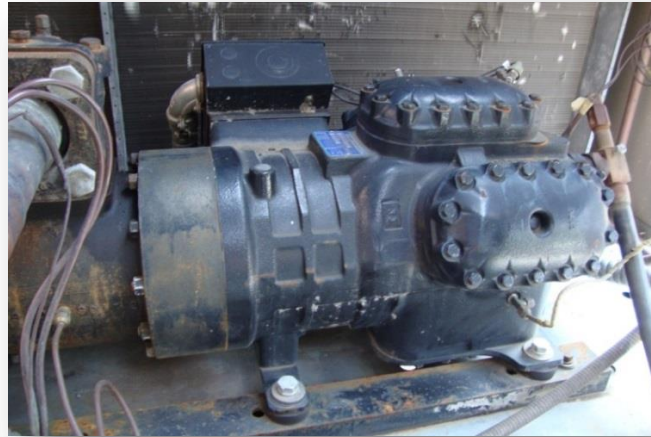


Tabla 16. Características del compresor 2

COMPRESOR 2			
Marca	Copeland	Modelo	6DH3-R35M0-TSK-200
Serie	EK 10D00611R	Capacidad	350000 BTU/h a 95°F/35°C de Temp. Ambiente
Tipo	Semi - hermético	Número de fases	3
RLA	62,6 A	Refrigerante	R22
LRA(Locked Rotor Current)	283 A	Voltaje Nominal	460 V
Potencia	40 HP	Temp. Evaporación	45°F/7,2°C
Temp. Condensación	130°F/54,4°C	Temp. Líquido	115°F/46°C
Temp. Retorno	65°F/18,3°C	Flujo	127,5 m3/h

La conexión actual permite 460 V.

- **Ventiladores:** Los ventiladores en la unidad condensante varían en su modelo y características eléctricas. En las siguientes tablas se especificarán.

Figura 37. Ventiladores Unidad Condensante A.A Luis A. Calvo.



Tabla 17. Características de los ventiladores 2 y 3 Unidad condensante A.A Luis A. Calvo

VENTILADORES UNIDAD CONDENSANTE 2 y 3					
Marca	Emerson	Modelo	K55HXTDR - 8455	RPM	1075
Voltaje Nominal	460 V	Número de Fases	1	Potencia	0.75 HP
FLA	2 A	Frecuencia	60 Hz		

Tabla 18. Características de los ventiladores 1, 4, 5, 6, 7 y 8 Unidad condensante A.A Luis A. Calvo

VENTILADORES UNIDAD CONDENSANTE 1, 4, 5, 6, 7 y 8					
Marca	Emerson	Modelo	K63ZZCFJ - 2823	RPM	1075
Voltaje Nominal	400/460 V	Número de Fases	1	Potencia	1 HP
FLA	2,3 A	Frecuencia	50 / 60 Hz		

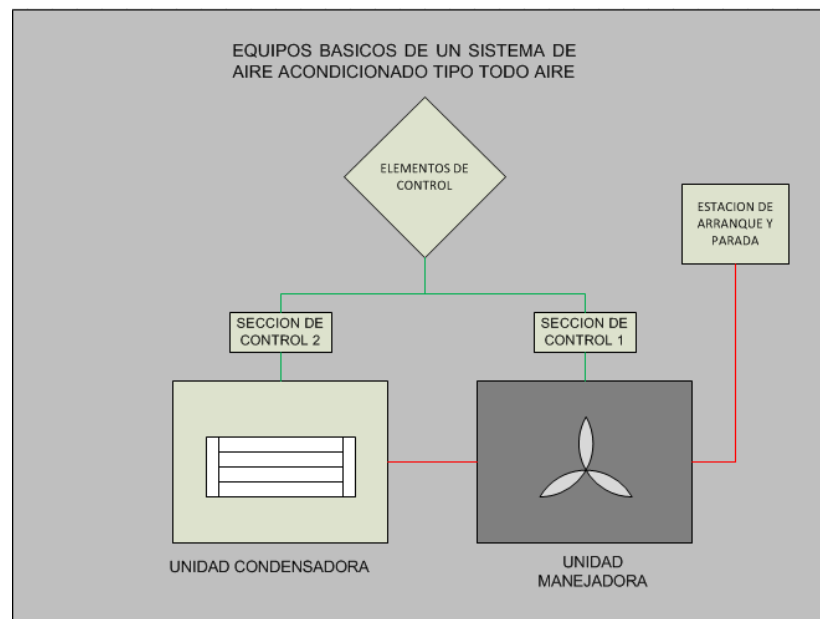
2.6 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE CONTROL PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS A.A

Para determinar la clase de equipos y características que se van a utilizar en el diseño de la estructura del sistema SCADA, es necesario conocer inicialmente el modo de adquisición de las variables que actualmente son medidas y de las variables de las que no se tiene información alguna o las variables a integrar.

Para conocer esta información fue necesario inspeccionar cada uno de los equipos allí instalados, posteriormente encontrar algunas características técnicas, e identificar cómo es la forma en la que se encuentran controlados estos sistemas y qué elementos intervienen en cada uno de ellos.

Cabe mencionar que aunque los dos sistemas de A.A en cada uno de los auditorios son similares en cuanto al tipo de funcionamiento y de componentes, se hace descripción de cada uno de ellos puesto que existen algunas diferencias en cuanto a cantidad, tipo de elementos y capacidad.

Figura 38. Equipos básicos de un sistema de A.A tipo todo aire



2.6.1 Sistema de control del A.A de Auditorio Fundadores. El sistema de control del auditorio Fundadores consta de dos secciones, la primera es el encendido total, del sistema en el cuarto donde se encuentra la unidad manejadora que depende de la estación de arranque y parada mostrada en la figura 31, y la segunda, es la que se encuentra en la unidad condensadora. Antes de describir los elementos, observar la estación de arranque y parada del sistema de A.A Auditorio Fundadores.

Figura 39. Estación de arranque y parada del sistema de A.A Fundadores.



La primera sección de control es para la unidad manejadora, allí se pueden encontrar los siguientes elementos:

Figura 40. Tablero de control en el cuarto de la manejadora del A.A Fundadores.



Figura 41. Esquema conexiones del tablero en el cuarto de la manejadora del A.A Fundadores.

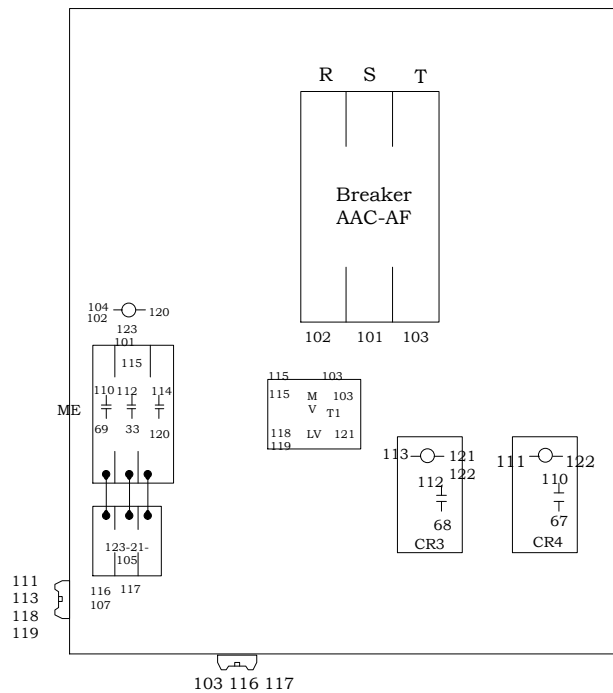


Tabla 19. Elementos de control en el cuarto de la manejadora del A.A Fundadores

Elementos de control ubicados en el cuarto de la unidad manejadora			
ME	Contactor del motor del blower	Breaker A.A.F	Interruptor principal del A.A.F
OL_ME	Relé de sobrecarga del motor del blower.	T1	Transformador 240/24 v
CR3	Relé de circuito de control	CR4	Relé del circuito de control

Tabla 20. Características del interruptor principal y transformador del circuito de control

INTERRUPTOR TRIPOLAR PRINCIPAL			
MARCA	Kawasaki	TIPO	225C
Cantidad en el equipo	1	Tensión máx.	240 V
Corriente Nom. Máx	150	I.C	25KA
TRANSFORMADOR			
MARCA	Furnas	Modelo	No posee
Potencia	40 VA	Frecuencia	50/60 Hz
Tensión primaria	240 V	Tensión secundaria	24 V

Contactor del motor del Blower, el cual se encarga fundamentalmente del ON/OFF del motor.

Figura 42. Contactor del motor del blower



Un relé para el motor del blower, el cual básicamente evita las sobrecargas que se puedan presentar y así proteger el motor de cualquier daño causado por un alto nivel de corriente. Su descripción se dará en la siguiente tabla.

Tabla 21. Características relé de sobrecarga del motor del blower

RELE DE SOBRECARGA			
MARCA	Telemecanique	MODELO	LR2 D13
Cantidad en el equipo		1	
Contactos principales			
Cantidad		Tensión en contactos	
3		660 V	
Contactos auxiliares (Incluidos)			
NO		NC	
1		1	
Contactos auxiliares (adicionales)			
NO		NC	
0		0	

Figura 43. Relé de control



Tabla 22. Características relé de control A.A Fundadores.

RELÉ DE CONTROL			
MARCA	Dayton	MODELO	5X837E
Cantidad en el equipo		2	
Tensión en la bobina		24 VAC	
Contactos			
NO		NC	
2		2	

En la segunda parte de control se pueden encontrar elementos eléctricos estos están ubicados en la unidad condensadora y son los siguientes:

- **Contactores de los compresores:** son usados para cortar posibles corrientes de sobrecarga y así proteger el equipo.

Figura 44. Contactor de compresor



Tabla 23. Características de los contactores de los compresores de A.A Fundadores

CONTACTORES DE LOS COMPRESORES			
Marca	Furnan	Serie	42DF35AF
Cantidad en el equipo	2		
Tensión en la bobina	120 VAC		
Contactos principales			
	Cantidad	Tensión contactos	FLA
	3	240	50
Contactos Auxiliares (Incluidos)			
	NO	NC	
	0	0	
Contactos auxiliares (Adicionales)			
	NO	NC	
	3	3	

Figura 45. Contactor de los ventiladores del A.A Fundadores



Tabla 24. Características del contactor de los ventiladores

CONTACTORES DE LOS VENTILADORES			
Marca	Furnan	Modelo	41WV3EEZF Serie B
Cantidad en el equipo	2		
Tensión en la bobina	120 VAC	Frecuencia: 60 Hz	
Contactos principales			
Cantidad		Tensión contactos	FLA
3		240	50
Contactos Auxiliares (Incluidos)			
NO		NC	
1		1	
Contactos auxiliares (Adicionales)			
NO		NC	
0		0	

Tabla 25. Características del relé de control de los ventiladores

RELÉ DE CONTROL			
Marca	Essex	Modelo	No posee
Cantidad en el equipo		1	
Tensión en la bobina		120 V	
Contactos			
NO		NC	
1		0	
RELÉ DE CONTROL			
Marca	Essex	Modelo	No posee
Cantidad en el equipo		1	
Tensión en la bobina		120 V	
Contactos			
NO		NC	
3		3	
Este relé es denominado como CR2 en la unidad condensante.			

Figura 46. Interruptor termomagnético de un compresor del A.A Fundadores



Tabla 26. Características interruptor termomagnético de los compresores

INTERRUPTOR TRIPOLAR (COMPRESORES)			
Marca	Heinelman	Modelo	CF3-68 DU
Cantidad en el equipo		2	Tensión máx.: 240 V
Corriente Nom. Máx.		48 A	I.C: 220
Frecuencia			50/60 Hz

Figura 47. Interruptor termomagnético de un ventilador del A.A Fundadores



Tabla 27. Características interruptor termomagnético de los ventiladores

INTERRUPTOR TRIPOLAR (COMPRESORES)			
Marca	Siemens	Modelo	3VQ52T
Cantidad en el equipo		1	Tensión máx.: 550 V
Corriente Nom. Máx.		20 A	I.C: 240 A

Timers (temporizadores): hay dos timers, y tienen como función arrancar primero un compresor y luego el otro para evitar sobrecargas en la corriente.

Tabla 28. Características de los timer de A.A Fundadores

TIMERS			
Marca	ABB	Modelo	TSU2000
Cantidad en el equipo		2	Tensión máx.: 240 V
Corriente Máx.		1 A	Tensión mín. de la carga: 19 VAC
Contactos			
	NO		NC
	1		0
Tiempo de retarde: 5 a 480 seg.			
<ul style="list-style-type: none"> • El contacto de este timer es del tipo on delay. • La variación del tiempo de retardo se realiza variando la resistencia ubicada en los terminales 4 y 5, esta variación es de una proporción de 6.5 kΩ por segundo. 			

Figura 48. Conexiones de control en el panel de la condensadora A.A. Fundadores.



Figura 49. Esquema conexiones de control en el panel de la condensadora A.A Fundadores

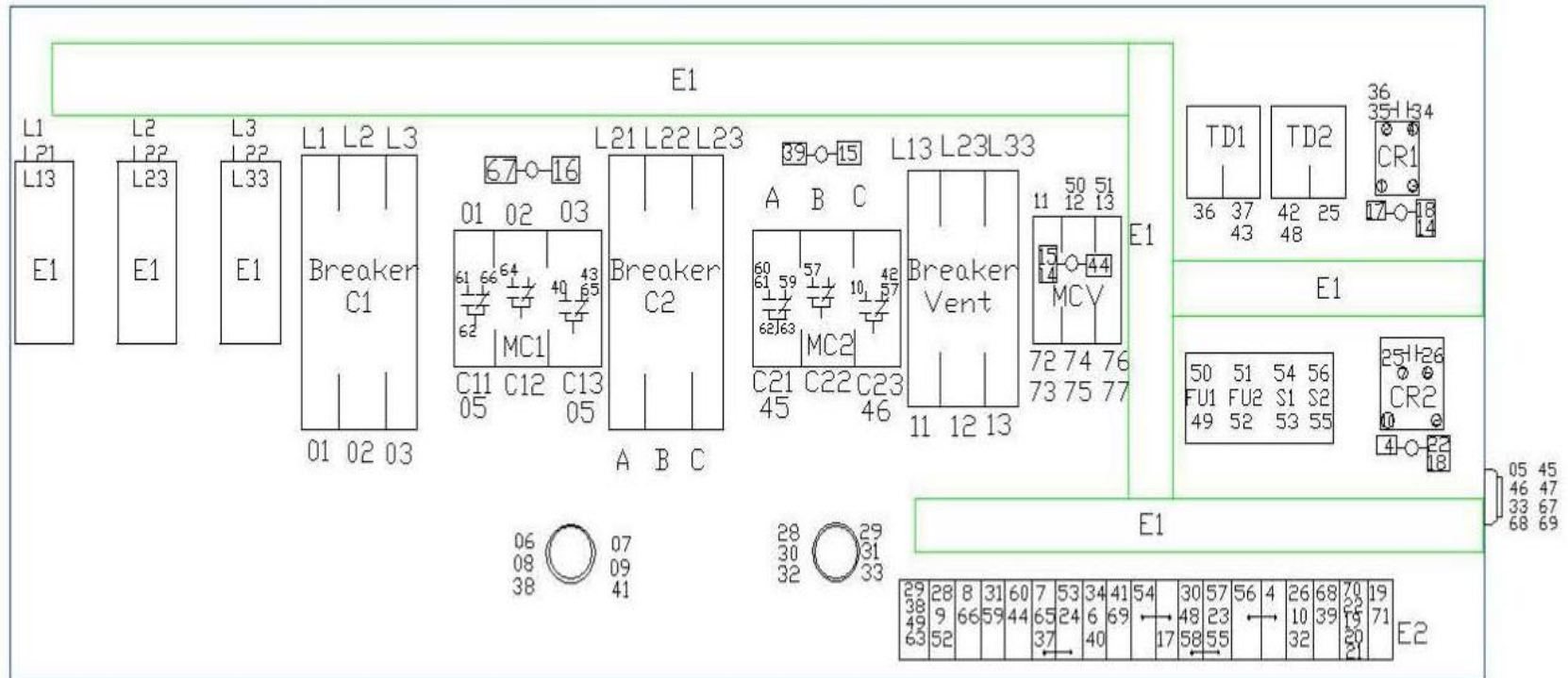


Tabla 29. Elementos existentes en la unidad condensadora A.A. Fundadores

Elementos del tablero de control ubicados en la condensadora			
E1	Conectores de la acometida	CR1	Relé del circuito de control
E2	Conduletas para el cableado	CR2	Relé del circuito de control
CR1	Relé del circuito de control	SS1	Interruptor de palanca del circuito de control del compresor 1
CR2	Relé del circuito de control	SS2	Interruptor de palanca del circuito de control del compresor 2
TD1	Temporizador compresor 1	Breaker C1	Interruptor del compresor 1
TD2	Temporizador compresor 2	Breaker C2	Interruptor del compresor 2
F1	Fusible circuito de control	Breaker MCV	Interruptor de los ventiladores
F2	Fusible de resistencia del Carter	E3	Bornera de conexiones
MCV			Contactador ventiladores
MC1			Contactador compresor 1
MC2			Contactador compresor 2

Los planos eléctricos del sistema de potencia y del sistema de control del A.A AF y para el A.A LAC fueron realizados utilizando la metodología ladder y siguiendo la simbología ANSI. El nombre del método ladder de programación (que significa escalera en inglés) proviene de su semejanza con el diagrama del mismo nombre que se utiliza para la documentación de circuitos eléctricos de máquinas. Cabe mencionar que en estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra. La simbología de estos planos se encuentran en el Anexo A.

Figura 50. Plano eléctrico del sistema de potencia del A.A Fundadores

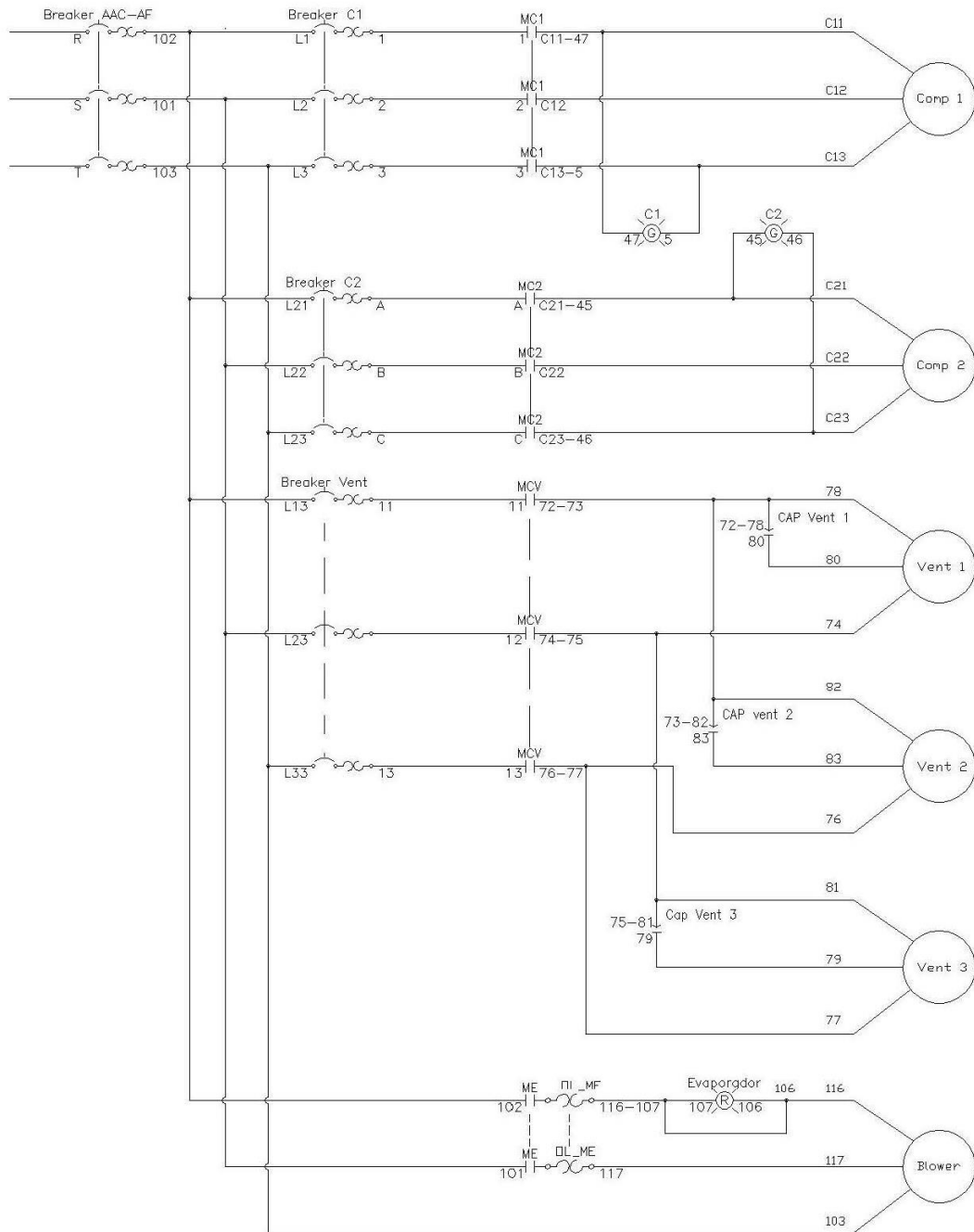
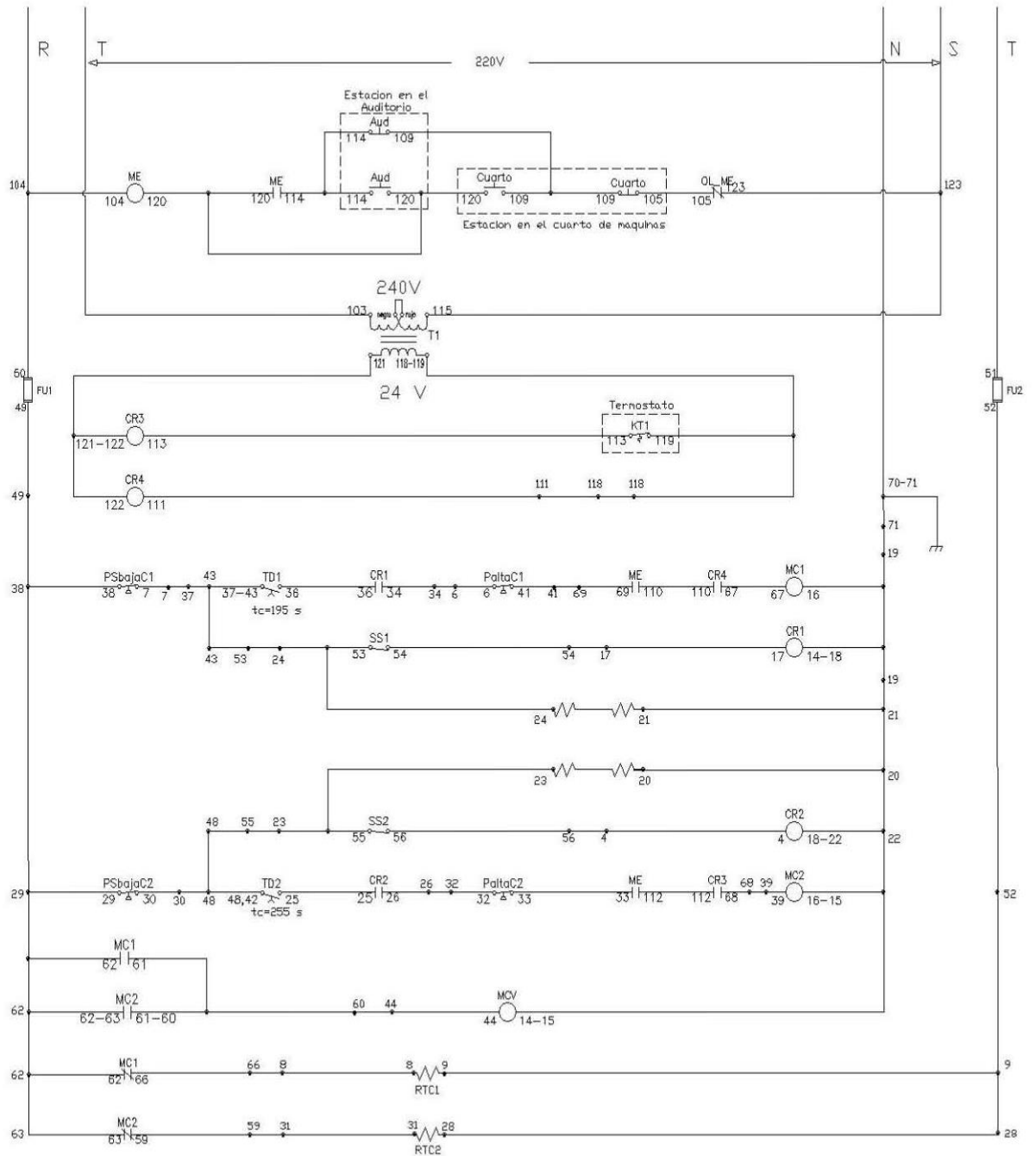


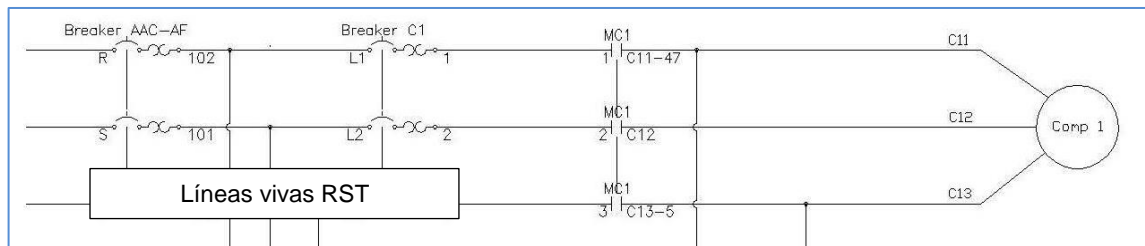
Figura 51. Plano eléctrico del sistema de control del AA Fundadores



2.6.2 Descripción de funcionamiento de los sistemas del A.A Fundadores.

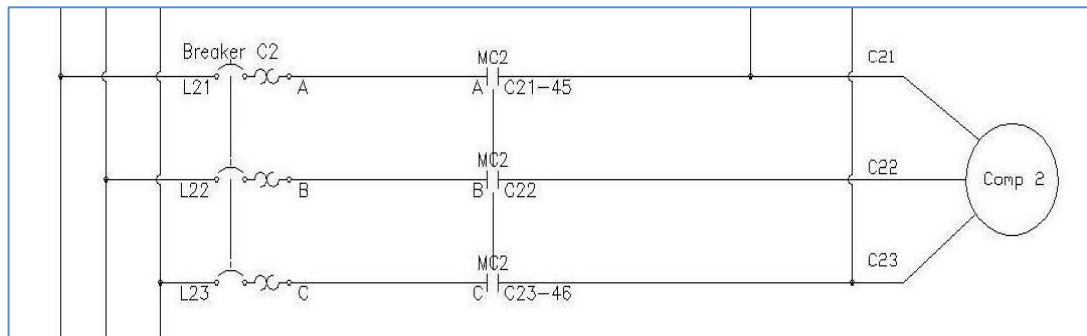
Para conocer el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado, se hace necesario conocer e interpretar la configuración eléctrica de cada uno, con esta información se puede tener acceso a detalles como consumo de energía, un aspecto muy importante a tener en cuenta para la propuesta de este proyecto. En el desarrollo de esta etapa se requiere inicialmente conocer cuáles son los elementos que interfieren, además conocer cuál es la función, la estructura y algo muy importante como es la secuencia, todo esto en busca de identificar plenamente el funcionamiento de cada uno de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la UIS.

Figura 52. Diagrama de conexión para el compresor 1 sistema A.A Fundadores



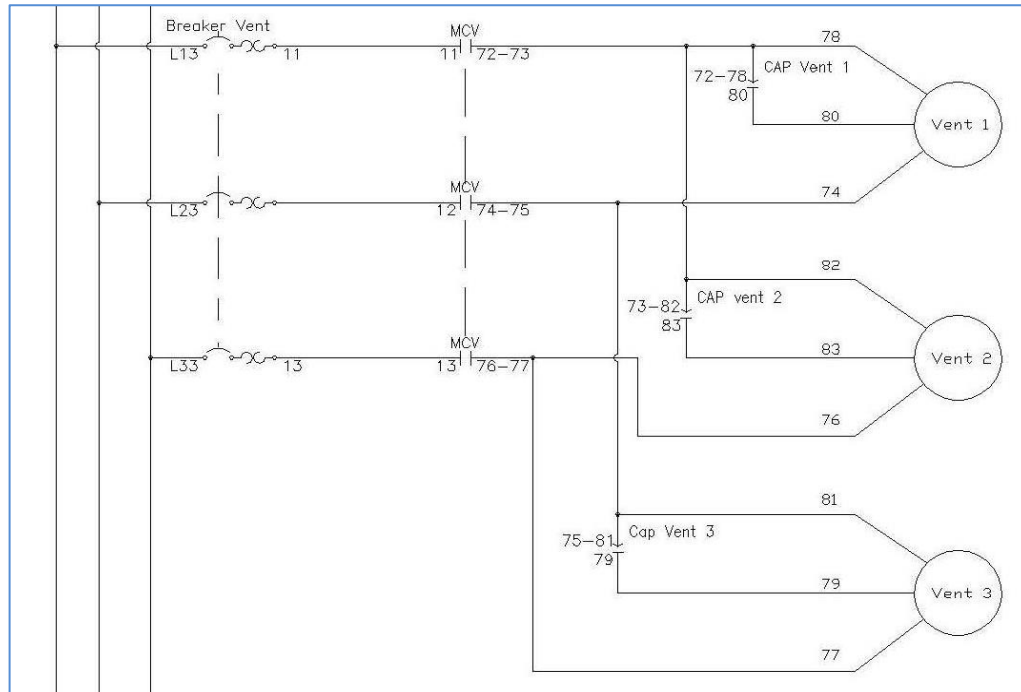
En la figura 50 se pone en detalle las conexiones de potencia del motor del compresor 1, ubicado en la unidad condensadora. El breaker AAC-AF, es un disyuntor térmico tripolar y está ubicado en el cuarto de control y el encargado de permitir el paso de energía hacia el sistema, si este llegase a valores por encima de los permitidos por este, el breaker C1 es el disyuntor térmico del motor del compresor, su función es específicamente cortar el paso de corriente al motor, además también hay un contactor NO de relé o contactor, este elemento permite el paso de corriente, y por ultimo una luz piloto verde que indica si el motor esta encendido.

Figura 53. Diagrama de conexiones para el compresor 2 del sistema A.A Fundadores



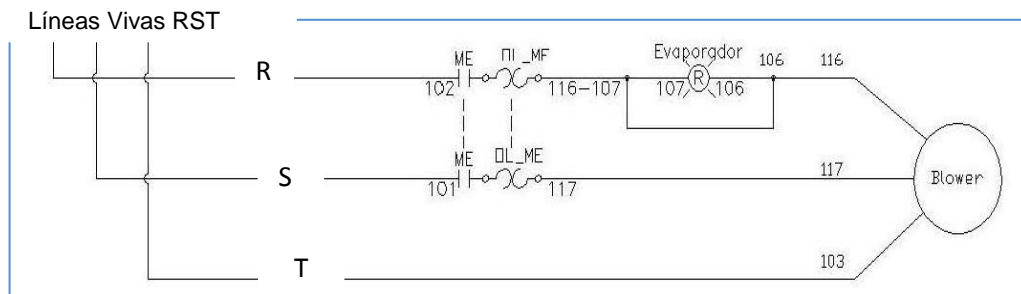
En este diagrama la conexión del motor del compresor 2, el Breaker C2 es un disyuntor térmico tripolar del motor que se encarga del paso de corriente exclusivamente al motor, y el contactor normalmente abierto que protege contra posibles sobrecargas de corriente al motocompresor.

Figura 54. Diagrama de conexiones de potencia de los ventiladores.



En este diagrama se puede observar el breaker MCV de los ventiladores, para cada línea hay un disyuntor térmico el cual puede restringir el paso de corriente si la temperatura en los conductores se eleva por encima del valor permitido, ese diagrama permite también identificar el contactor normalmente abierto (NO) para cada uno de los ventiladores.

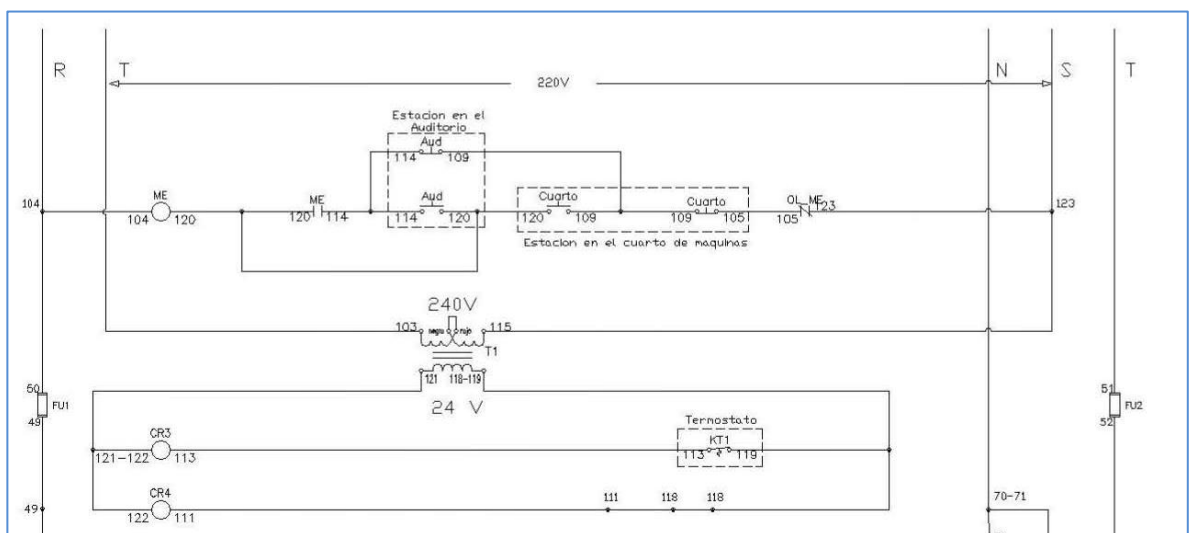
Figura 55. Diagrama de conexiones de potencia de la unidad manejadora.



De este diagrama se puede interpretar que hay un contactor y un disyuntor térmico monofásico para el motor del blower y para la luz piloto roja que indica el estado de encendido la unidad manejadora.

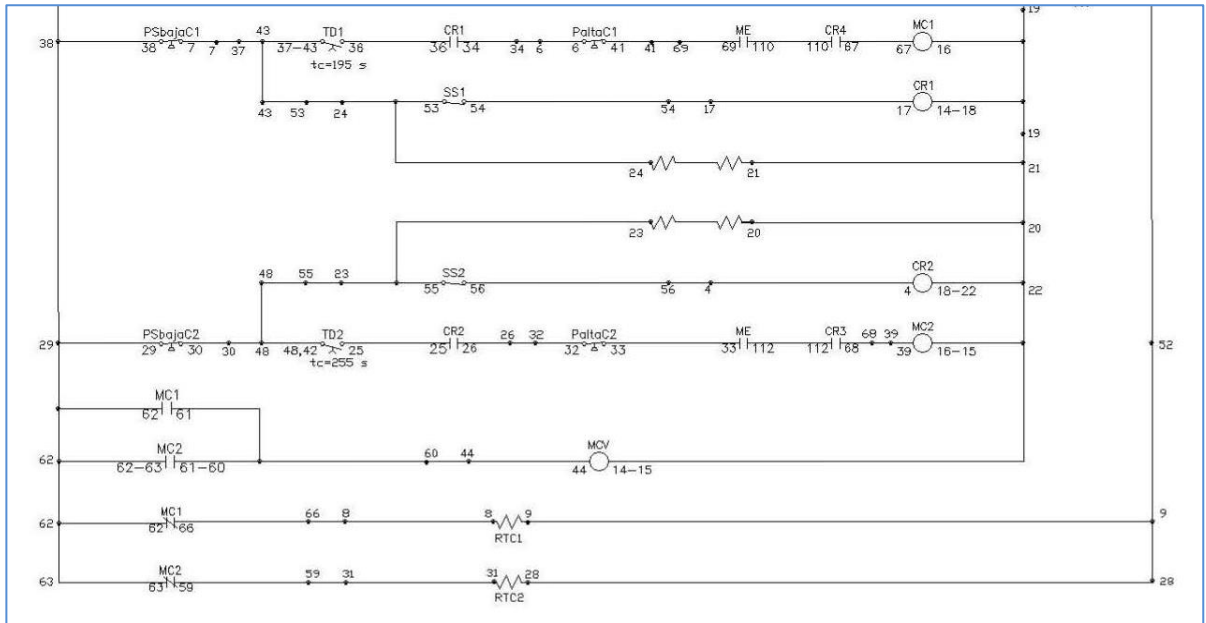
2.6.3 Descripción sistema de control de sistema A.A Fundadores.

Figura 56. Control de encendido



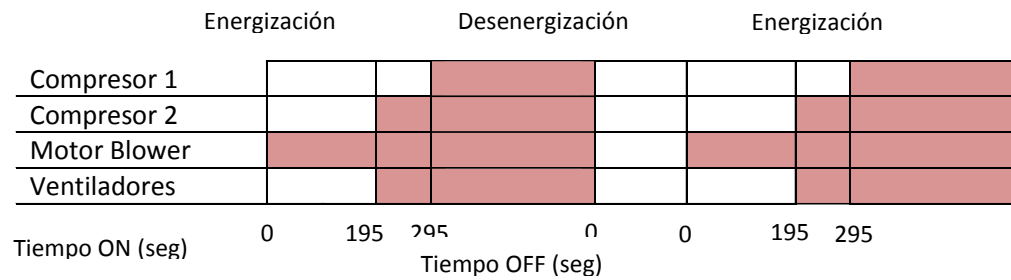
Este diagrama, de la figura 56, nos permite interpretar como es el inicio de operación de sistema, para dar inicio se cuenta con dos estaciones las cuales están una dentro del auditorio y la otra en el cuarto de máquinas, en cualquiera de estas dos estaciones se puede dar inicio/parada al sistema, una vez se ha iniciado el sistema el transformador disminuye el nivel de voltaje de 220 a 24V al termostato.

Figura 57. Control de funcionamiento



En esta otra sección, de la figura 42, el diagrama de control del sistema de aire acondicionado, se puede observar, como es el inicio de operación de la unidad condensadora, en el cual se encuentra inicialmente con el presóstatto de baja presión NC permitiendo el paso de corriente al temporizador hasta contar 195 segundos, transcurrido este tiempo, este cambia de Normalmente abierto a normalmente cerrado, dando así inicio al compresor 1, de igual forma para el compresor 2, después de haber transcurrido 255 segundos, y así finalmente se encienden los ventiladores de extracción.

Figura 58. Secuencia de accionamiento



2.6.4 Sistema de control de A.A de auditorio Luis A. Calvo. La parte del sistema de control del aire acondicionado en este auditorio, se encuentra dividido también en dos partes, la primera se encuentra en la sala donde está instalada la unidad manejadora, allí hay una caja metálica donde se pueden encontrar los siguientes elementos:

- Contactor del motor del blower
- Relé de sobrecarga del motor del blower
- Transformador

Figura 59. Estación de arranque – parada sistema A.A LAC



Figura 60. Interruptor tripolar de la unidad condensante



Tabla 30. Características del Interruptor Tripolar unidad condensante

INTERRUPTOR TRIPOLAR UNIDAD CONDENSANTE			
Marca	Terasaki Electric	Tipo	TO-225CA
Cantidad en el equipo	1		Tensión máx.: 500 VAC 200 VDC
Corriente Nom. Máx.	175 A		I.C: 10kA

Figura 61. Interruptor tripolar del motor del blower del A.A Luis A. Calvo



Tabla 31. Características del interruptor tripolar del motor del blower.

INTERRUPTOR TRIPOLAR MOTOR DEL BLOWER			
Marca	General Electric	Tipo	TED 134030
Cantidad en el equipo		1	Tensión máx.: 480 VAC
Corriente Nom. Máx.		30 A	I.C: 14kA

Figura 62. Interruptores monopolares de los ventiladores del A.A Luis A. Calvo



Tabla 32. Características de los interruptores monopolares de los ventiladores de A.A Luis A. Calvo

INTERRUPTOR MONOPOLAR VENTILADORES			
Marca	Me Chint	Tipo	NB! - 63
Cantidad en el equipo		1	Tensión máx.: 277 VAC
Corriente Nom. Máx.		No posee	I.C: 5kA

La segunda parte del control, está ubicada en el condensador que se encuentra instalado en la azotea del edificio; allí se pueden encontrar con los siguientes elementos:

- Contactores de los compresores
- Contactores de los ventiladores
- Relés de control
- Relés de circuito de control
- Controlador de fases
- Timers

Figura 63. Contactor del motor del blower del A.A Luis A. Calvo



Tabla 33. Características del contactor del motor del blower A.A Luis A. Calvo

CONTACTORES DE LOS COMPRESORES			
Marca	Telemecanique	Modelo	LC1 D 403
Cantidad en el equipo		1	
Tensión en la bobina		440 V	
Contactos principales			
Cantidad		Tensión contactos	FLA
3		660 V	60 A
Contactos Auxiliares (Incluidos)			
NO		NC	
1		1	
Contactos auxiliares (Adicionales)			
NO		NC	
2		2	

Figura 64. Relé de sobrecarga del motor del blower del A.A Luis A. Calvo



Tabla 34. Características del relé de sobrecarga del motor del blower del A.A Luis A. Calvo

RELÉ DE SOBRECARGA MOTOR DEL BLOWER			
Marca	BBC CEM	Modelo	T85
Cantidad en el equipo	1		
Contactos principales			
Cantidad	Tensión contactos	FLA	
3	660 V	70 A	
Contactos Auxiliares (Incluidos)			
NO	NC		
0	0		

Los elementos que se encuentran ubicados en el panel frontal de la unidad condensante, son los siguientes.

Figura 65. Contactor de un compresor del A.A Luis A. Calvo

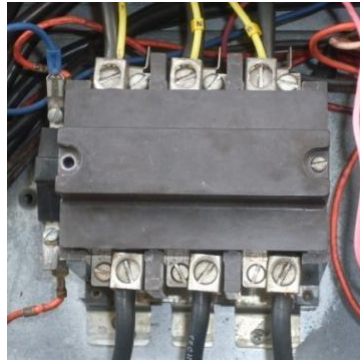


Tabla 35. Características los contactores de los compresores del A.A Luis A. Calvo

CONTACTORES DE LOS COMPRESORES		
Marca	Airtemp	Serie: 9560H1596A
Cantidad en el equipo	2	
Tensión en la bobina	120 VAC	
Contactos principales		
Cantidad	Tensión contactos	FLA
3	600 V	90 A
Contactos Auxiliares (Incluidos)		
NO	NC	
1	1	
Contactos auxiliares (Adicionales)		
NO	NC	
0	0	

Figura 66. Contactor de un ventilador del A.A Luis A. Calvo



Tabla 36. Características de los contactores de los ventiladores del A.A Luis A. Calvo

CONTACTORES DE LOS VENTILADORES			
Marca	Essex	Modelo	143 – A3B2 Serie 3661134
Cantidad en el equipo	4		
Tensión en la bobina	120 VAC		
Contactos principales			
Cantidad		Tensión contactos	FLA
3		600 V	10 A
Contactos Auxiliares (Incluidos)			
NO		NC	
0		0	
Contactos auxiliares (Adicionales)			
NO		NC	
0		0	

Figura 67. Elemento protector contra sobrecarga al compresor



Tabla 37. Características elemento protector de sobrecarga

RELÉ TERMICO CONTRA SOBRECARGA			
Marca	Airtemp	Modelo	Cb306N1
Cantidad en el equipo		2	
Contactos principales			
Cantidad		Tensión contactos	FLA
3		600 V	100 A

Figura 68. Relé de control del A.A Luis A. Calvo



Tabla 38. Características relé de control A.A Luis A. Calvo

RELÉ DE CONTROL				
Marca	No posee	Modelo	3610474	Serie 84-20203-3010
Cantidad en el equipo	2			
Tensión en la bobina	120 VAC			
Contactos principales				
NO		Tensión contactos	NC	
2		250 V	2	

Figura 69. Relé de control del circuito.



Este relé no presenta muchas especificaciones sólo dos contactos NC y dos NO. Existen dos en el equipo, con tensión en la bobina de 120 V y 250 V en la bobina.

Figura 70. Controlador de tensión de fases.



Tabla 39. Características del controlador de fases en el A.A Luis A. Calvo

CONTROLADOR DE TENSIÓN DE FASES	
MARCA: Wagner	Serie: DTP - 3
Cantidad en el equipo	2
Cronómetro de respuesta	0,1 a 20 segundos
Cronómetro de reencendido	0 a 720 segundos
Cronómetro de retardo	0 a 30 segundos
Visualización del multímetro	Desde 90 V hasta 600 V Visualiza simultáneamente las tensiones V_{RS} , V_{ST} Y V_{TR}
Características de la salida de relés	
Corriente	Tensión
10 A	250 VAC
Tensión de la entrada del controlador	250 VAC

Fuente: [http://www.singecr.com/phocadownload/WAGNER/DTP-3%20\(TRIFASICO\).pdf](http://www.singecr.com/phocadownload/WAGNER/DTP-3%20(TRIFASICO).pdf)

El DTP-3 es un monitor de voltaje y sistema de control automático digital. Por estar midiendo continuamente la entrada de la línea de voltaje, este monitor detectará

voltajes fuera de la tolerancia que se fijó. Si este límite es excedido arrancará el Regulador de respuesta. Este regulador podrá ser fijado a una mayor escala de tiempo para evitar el ruido molesto del corte y arranque, o a una escala menor de tiempo para ofrecer un mayor nivel de protección de carga. Si el voltaje permanece fuera de la tolerancia seleccionada después que el tiempo ha transcurrido, el DTP-3 apagará su relevador de rendimiento y protegerá su aparato. Mientras la carga está apagada un regulador de cierre adicional es activado para evitar arranques inmediatos.

Figura 71. Timer del circuito de control del A.A Luis A. Calvo



Tabla 40. Característica de los Timer en el A.A Luis A. Calvo

TIMERS			
Marca	SSAC	Modelo	TS141380-30-00240-004
Cantidad en el equipo		3	Tensión máx.: 240 V
Corriente Máx.		1 A	Tensión mín. de la carga: 120 VAC
Contactos			
NO		NC	
1		0	

Tiempo de retarde: No especificado

- El contacto de este timer es del tipo on delay.

2.6.5 Conexiones de control en el panel de la condensadora A.A. Luis A Calvo.

Figura 72. Panel de control Lado Izquierdo

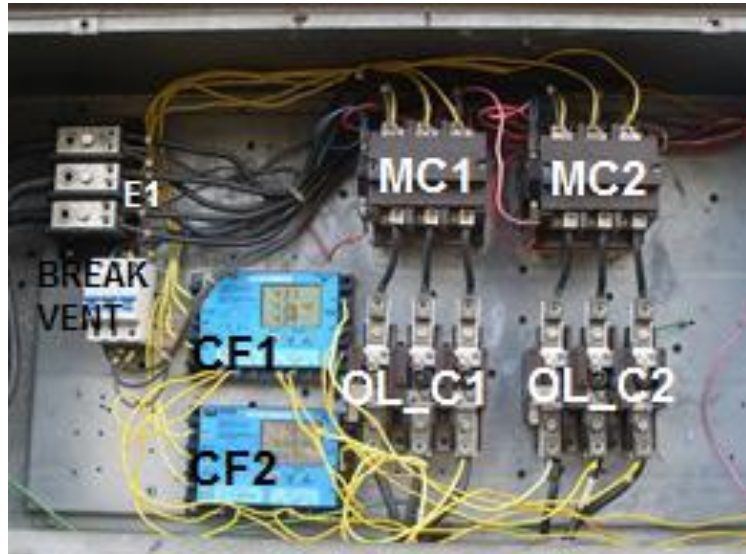


Figura 73. Diagrama de conexiones del panel control lado izquierdo A.A Luis A. Calvo.

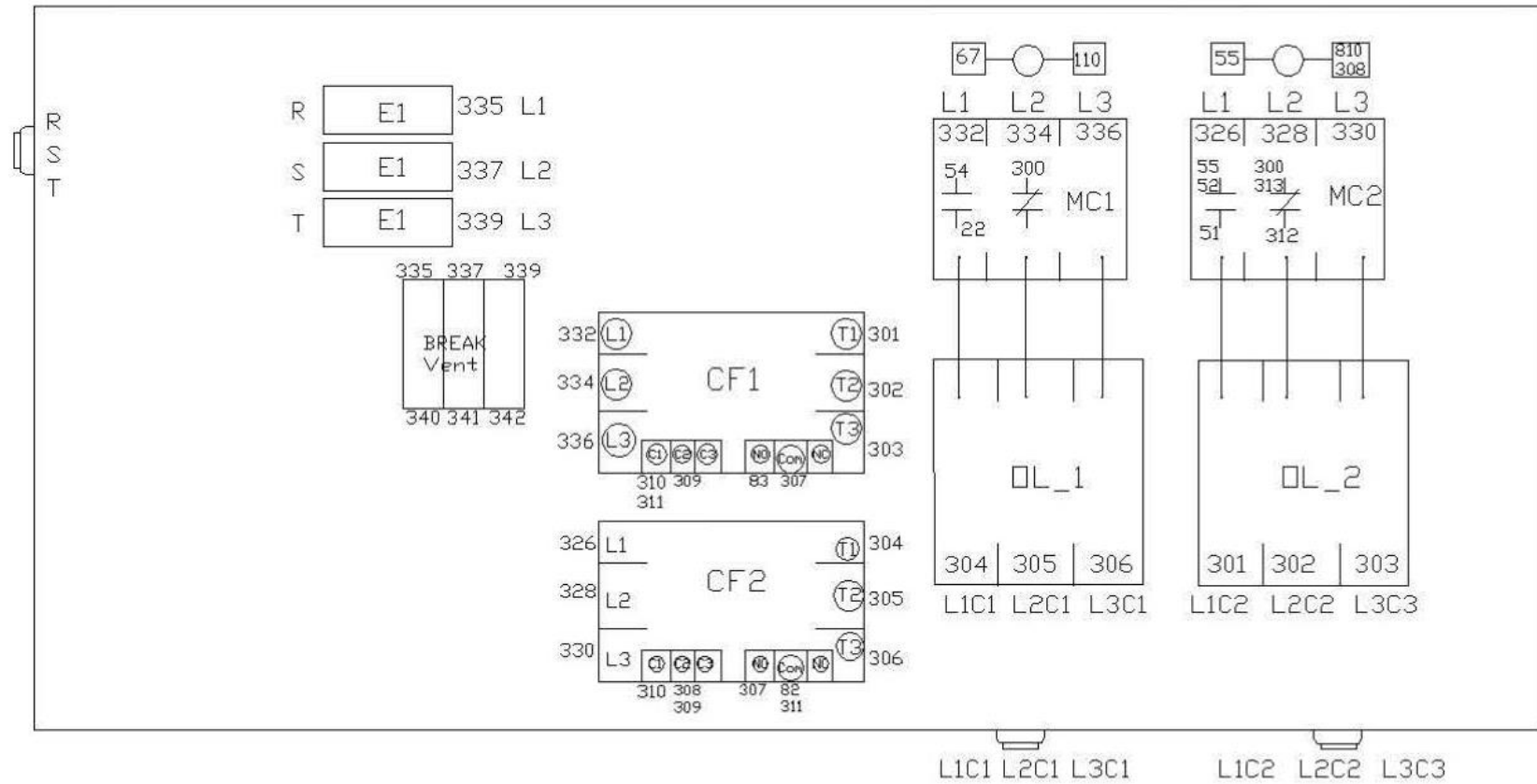


Figura 74. Panel de control Lado Derecho

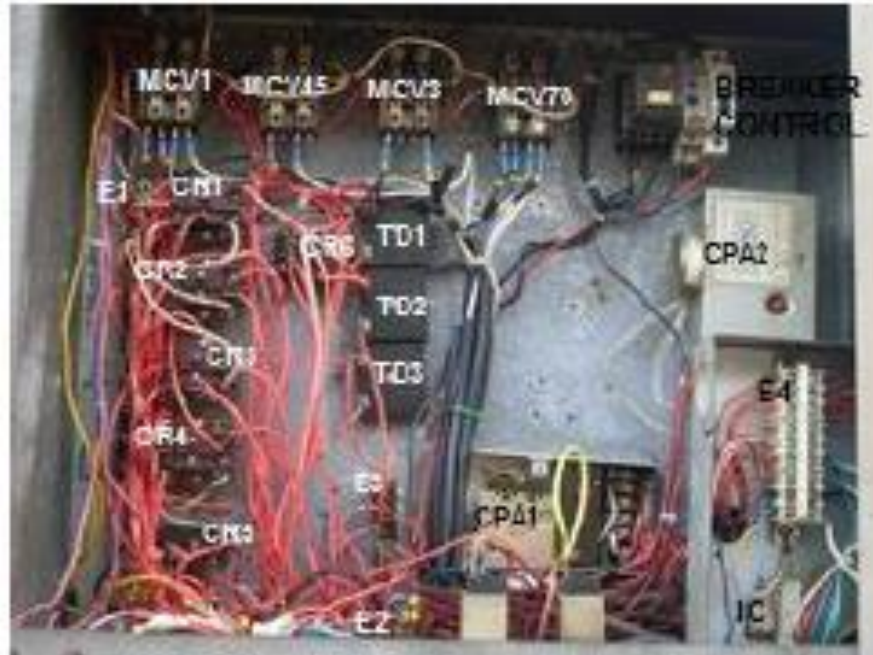


Figura 75. Diagrama de conexiones del panel control lado derecho A.A Luis A. Calvo

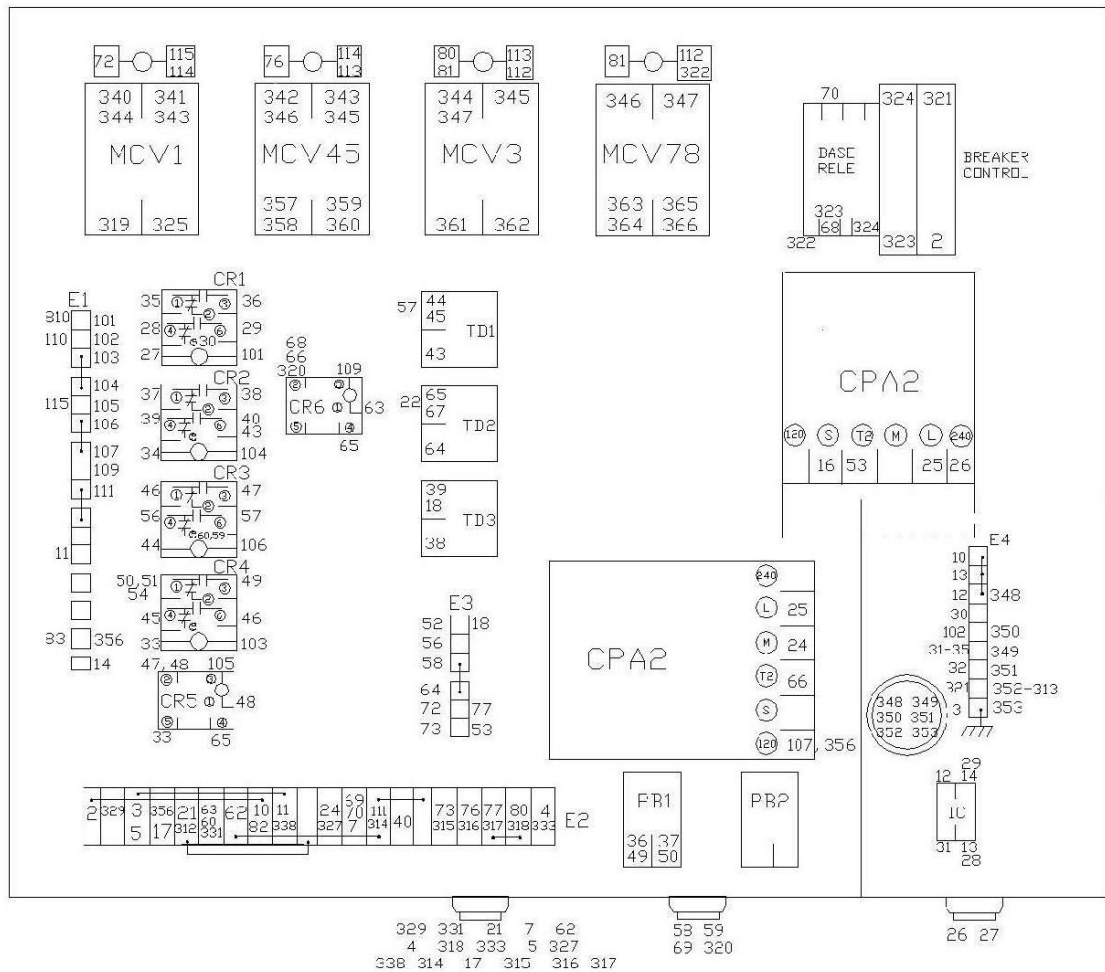


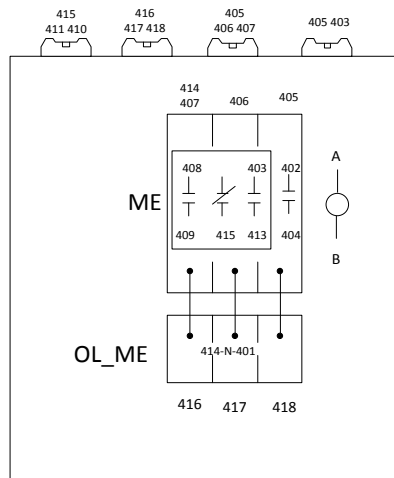
Tabla 41. Descripción de los elementos existentes en las unidades de control del A.A. Luis A. Calvo

Elementos del tablero de control ubicados en la condensadora			
Conexiones Lado Izquierdo			
Breaker Ventilador	Interruptores monopolares del circuito de potencia de los ventiladores	OL_C1	Elemento térmico de protección del compresor 1 contra sobrecarga
MC1	Contactador compresor 1	OL_C2	Elemento térmico de protección del compresor 2 contra sobrecarga
MC2	Contactador compresor 2	CF1	Controlador de fases
E1	Conectores de la acometida	CF2	Controlador de fases
Conexiones Lado derecho			
Breaker Control	Interrupción monopolar del circuito de control	MCV1	Contactador ventiladores 1
TD1	Timer 1	MCV45	Contactador de ventiladores 4 y 5
TD2	Timer 2	MCV3	Contactador de ventilador 3
TD3	Timer 3	MCV78	Contactador de ventilador 7 y 8
E1	Borneras de conexiones 1	CR1,CR2,CR3,CR4,CR5,CR6	Relés del circuito de control
E2	Borneras de conexiones 2	IC	Interrupción On/Off del circuito de control
E3	Borneras de conexiones 3	CPA1,CPA2	Control de presión de aceite
E4	Borneras de conexiones 4		

Figura 76. Estación arranque-parada (internamente) del AA Luis A. Calvo



Figura 77. Diagrama de conexiones en la estación arranque- parada del A.A Luis A. Calvo



Los elementos indicados en este diagrama se explicarán a continuación.

Tabla 42. Elementos cuarto de control sistema A.A Luis A. Calvo

Elementos de control ubicados en el cuarto de la unidad manejadora			
ME	Contactor del motor del blower.	OL_ME	Relé de sobrecarga del motor del blower.

Figura 78. Plano eléctrico del sistema de potencia del AA Luis A. Calvo

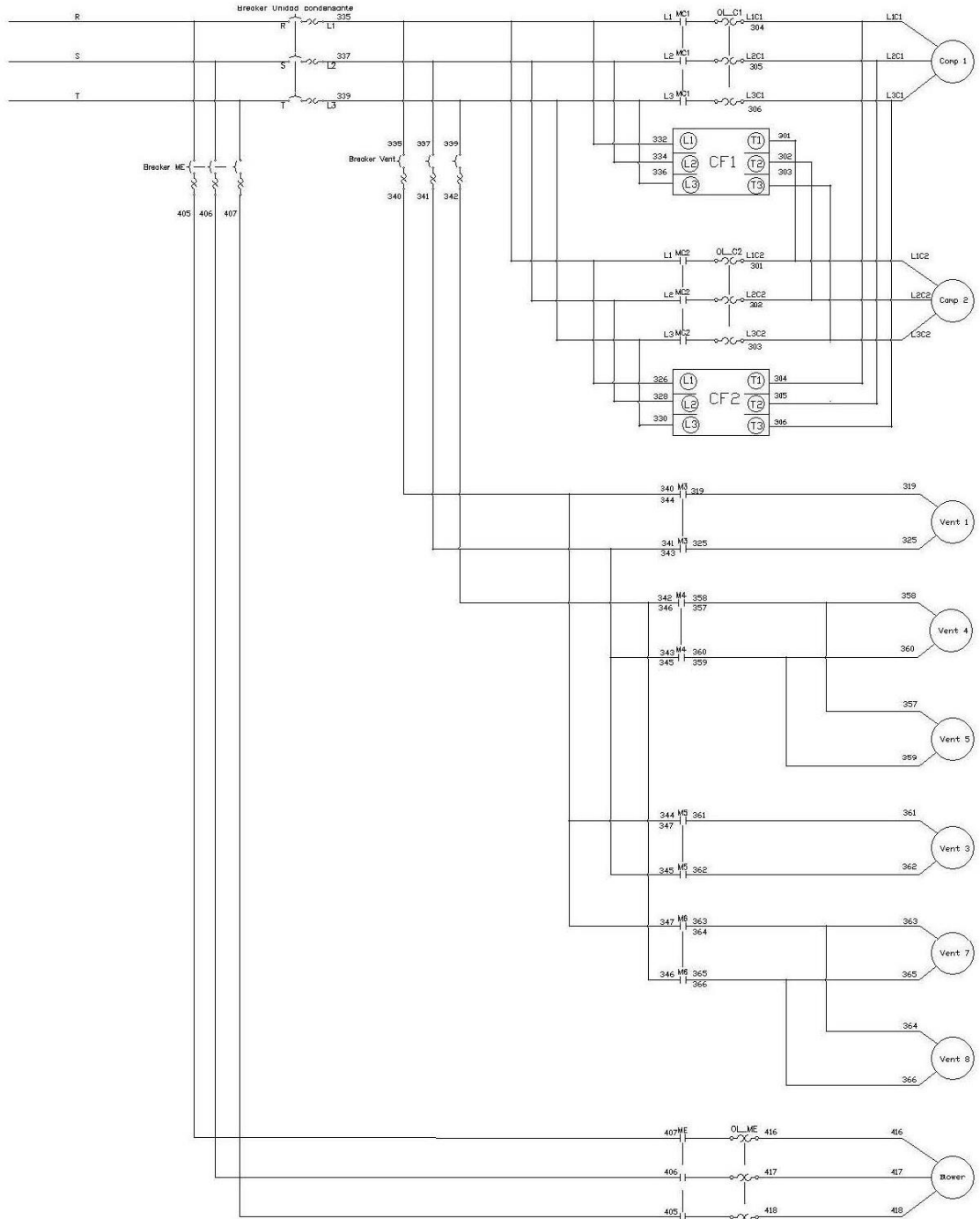
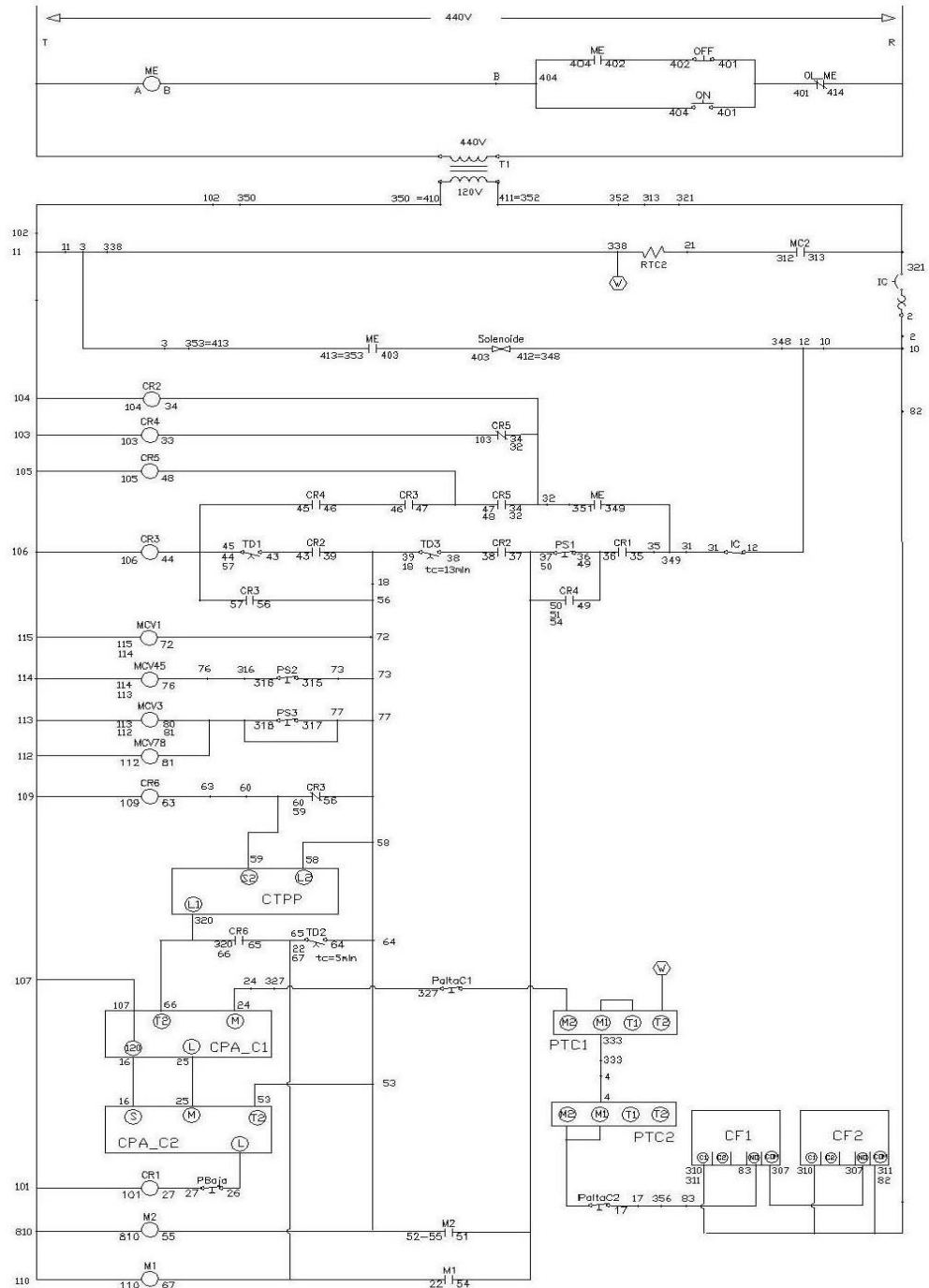


Figura 79. Plano eléctrico del sistema de control del AA Luis A. Calvo



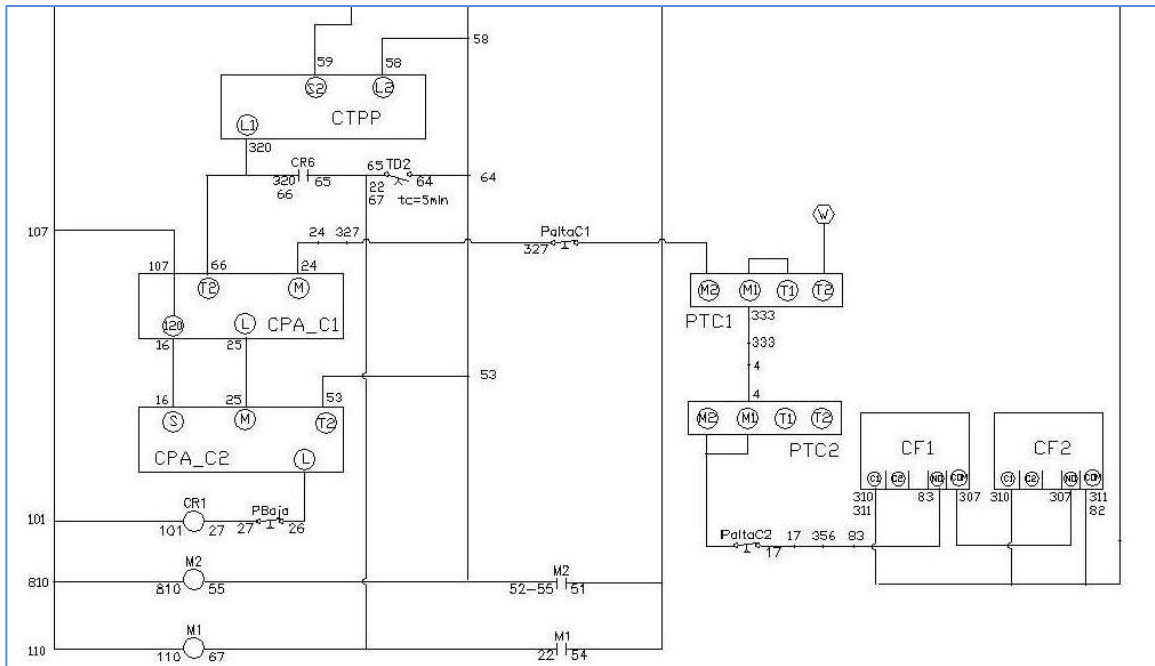
2.6.6 Descripción de la secuencia de accionamiento del Sistema de A.A Luis A. Calvo. De acuerdo al plano anterior se deduce lo siguiente refiriéndose a la secuencia de accionamiento, funcionamiento y apagado del sistema de A.A Luis A. Calvo. La secuencia de accionamiento del sistema de A.A LAC se obtuvo durante el proceso de las mediciones eléctricas en el equipo.

➤ **Secuencia de accionamiento durante el encendido del A.A LAC:** La secuencia de encendido del A.A LAC, se inicia desde el momento que se presiona el botón de encendido en la estación de arranque-parada, cuando el botón de encendido es pulsado, el encendido del sistema de potencia, se realiza siguiendo esta secuencia.

1. Inmediatamente se pulsa el botón de encendido, se energiza el motor del blower. Pero antes pasando por un transformador de 440V a 120V para el accionamiento del contactor del motor del blower y poder trabajar el resto de componentes eléctricos. El siguiente esquema lo demuestra, fraccionando el plano de la figura 79 se tiene lo siguiente:

- Luego 5 minutos después de energizarse los ventiladores y el compresor 2, el compresor 1 (compresor más alejado del panel frontal) es energizado.

Figura 82. Control para compresor 1

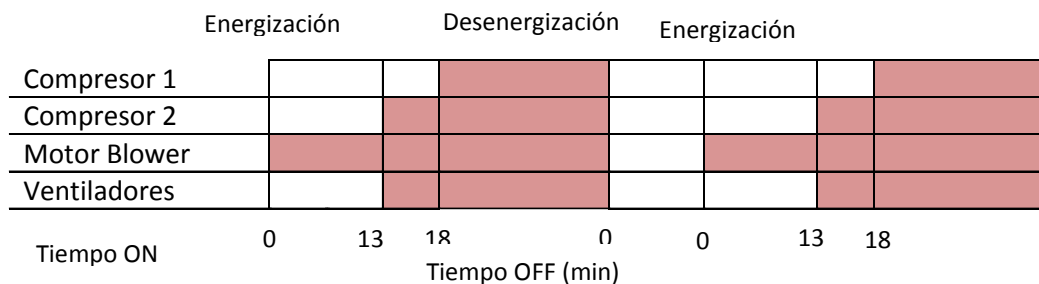


- **Secuencia de accionamiento durante el funcionamiento sistemas A.A**
Luis A. Calvo: La secuencia de accionamiento durante el funcionamiento, se realizó durante las cuatro horas que fueron realizadas las mediciones eléctricas en el equipo, durante este tiempo no se produjo ninguna variación en los elementos del equipo. El mecanismo de desenergización de los compresores cuando se alcanza la temperatura deseada, es por medio del control de presión en los compresores. Debido a que no se está presentando la desenergización de los compresores, se debe revisar el correcto funcionamiento de este elemento.

➤ **Secuencia de apagado del sistema A.A Luis A Calvo:** Para desenergizar todos los elementos del sistema de potencia del equipo se realiza de manera inmediata, por el cual el motor del blower, los compresores y los ventiladores, se desenergizan en el momento que se presiona el botón de parada.

Estas acciones son para el controlar el sistema de potencia ilustrado en los planos de la figura 70.

Figura 83. Secuencia de accionamiento A.A LAC



2.7 LABORES DE MANTENIMIENTO Y PREVENCIÓN DE FALLAS DE LOS AIRES ACONDICIONADOS DE LOS AUDITORIOS LUIS A. CALVO Y FUNDADORES.

Las tareas de mantenimiento dentro del campus universitario de la UIS están determinadas previamente por labores de planeación y programación desarrollados por personal idóneo y experimentado, con las herramientas necesarias (esto indica suministro de insumos y equipos respectivos del mantenimiento) para el debido procedimiento. El mantenimiento se hace aplicable en estos sistemas de la universidad con el fin de su continuo funcionamiento como sistema de refrigeración ambiental. Además el mantenimiento obedece al estudio de aspectos de gran ayuda, ya que con su aplicación se espera minimizar los costos, maximizar la producción, búsqueda de confiabilidad que responda las

operaciones, prolongar la vida útil de los equipos, buen servicio y confiabilidad que consecuentemente cumple con el proceso de producción establecido.

Básicamente las tareas de mantenimiento están dirigidas a limpieza, ajustes, correcciones y reparaciones menores.

Las tareas de mantenimiento para los aires de estos auditorios lo realizan de la siguiente manera:

- ✓ Comprobación de presiones y temperaturas en evaporador y condensador.
- ✓ Comprobación de que los desagües de la bandeja de condensación no estén obstruido y limpieza de bandeja.
- ✓ Inspección carga refrigerante estableciendo estanqueidad.
- ✓ Verificación de la inexistencia de ruidos extraños.
- ✓ Comprobación de que los ventiladores giren libremente y suave. Incluyendo su alineación y balanceo.
- ✓ Comprobación del desgaste de los cojinetes.
- ✓ Inspección de filtros de aire.
- ✓ Inspección de los serpentines, en cuanto al grado de incrustaciones debido a la corrosión o por mal uso.
- ✓ Inspección del amperaje y voltaje de los motores eléctricos del sistema. Además la revisión de las respectivas conexiones.
- ✓ Limpieza, ajuste de difusores, rejillas de suministro y retorno.
- ✓ Inspección de los elementos aislantes, en este caso térmico, tanto de equipos como de ductos de ventilación.

Al final de todas las actividades, se toman decisiones para proceder ya sea al cambio de una pieza, lubricación, limpieza, lavado, pintura; lo que sea necesario para la prolongación de la vida de los equipos. Adicionalmente optimizar el

consumo de energía, es uno de los principales objetivos de estas actividades de mantenimiento. Es conveniente adoptar un sistema de gestión integral que posibilite la operación y regulación de toda la instalación del consumo energético, así como una disminución de los costos de mantenimiento.

2.8 DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

Para el diseño de este sistema se debe recurrir inicialmente a una fase de diseño previa en la cual se establecen las necesidades que el cliente requiere, para definir la caracterización del sistema. En esta fase se debe tener en cuenta todas las variables necesarias de interés así como la instrumentación que se requiere para estas mismas. A continuación se describe los requerimientos básicos para el diseño del sistema SCADA.

2.8.1 Requerimientos del sistema SCADA. Los sistemas de aire acondicionado de los auditorios en estudio son de gran importancia para cumplir con las condiciones de confort al momento de presentaciones, funciones, et.; por esto la División de Mantenimiento Tecnológico tiene como propósito mantener estos sistemas en las mejores condiciones de operación y funcionamiento. Para lograr esto; se hacen inspecciones periódicas con el fin de evitar que éstos fallen en momentos críticos como por ejemplo en eventos importantes tal como una ceremonia de grado. La DMT con el ánimo de tener todas las variables permanentemente monitoreadas, estudió diferentes posibilidades para monitorear estos sistemas, encontrando como solución una propuesta para el diseño de un sistema SCADA, el cual permite supervisar las variables necesarias para establecer condiciones de funcionamiento y mantenimiento. Por esto la DMT ha expresado los requerimientos que debe tener el sistema, a continuación se mencionan dichas necesidades:

- **Registro de Variables:** Se necesita que las variables de los sistemas de aire acondicionado tales como temperatura, flujo de aire, humedad relativa, corriente en los motores, sean constantemente almacenados para su análisis posterior.
- **Visualización del sistema:** El estado actual de los sistemas de aire acondicionado y las variables que conciernen deben mostrarse en una interface hombre maquina (HMI).
- **Generación de reportes:** Este debe permitir presentar informes acerca del estado del sistema y de las variables establecidas.
- **Registro y archivado de datos:** Debe poder almacenar continuamente datos para posteriormente llevar registros de las variables de los sistemas.
- **Generación de alarmas:** Debe ser capaz de generar una alarma cuando una de las variables se está aproximando a sus valores máximos, esta alarma debe ser comunicada a la MTU directamente al personal responsable del monitoreo.

Teniendo en cuenta estas características y requerimientos se propone el diseño del sistema SCADA para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la UIS, incluyendo las variables a monitorear y las características de los elementos para que de esta forma puedan satisfacer las necesidades expuestas por la DMT.

2.9 VARIABLES A INTEGRAR EN EL SISTEMA SCADA

La utilidad del sistema SCADA va a depender en gran parte de las variables a seleccionar, por ende al momento de seleccionarlas se deben asumir los requerimientos anteriormente expuestos. Estas variables deberán permitir conocer el estado de funcionamiento general de los sistemas y también poder determinar las condiciones de operación de los elementos.

Para esta selección se hizo una evaluación de las variables más importantes a fijar tanto en el funcionamiento como para el mantenimiento, todo esto bajo recomendación de los fabricantes, criterios aportados por personal de mantenimiento y el registro de fallas ocurridas anteriormente.

2.9.1 Variables de estado. Este tipo de variables permiten obtener información acerca del estado y funcionamiento del sistema en general, por ejemplo: el encendido y apagado del totalizador.

2.9.2 Variables de funcionamiento. Este tipo de variables permiten conocer el buen desempeño del sistema, conociendo los valores se puede establecer si los valores están dentro de los rangos de operación, el monitoreo permanente de estos valores va a hacer de gran importancia para garantizar que los sistemas de aire acondicionado trabajen dentro de los parámetros de buen confort.

2.9.3 Tipo de señal. Las señales pueden ser generadas por algún fenómeno electromagnético, estas señales pueden ser analógicas, si varían de forma continua en el tiempo, o digitales si varían de forma discreta (con valores dados como 0 y 1). Las de tipo analógico son representadas por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Por ejemplo portadoras de esta señal son presión, temperatura, flujo. Por otro lado, están las digitales que son parecidas a la analógica, pero en lugar de viajar en base a ondas, esta viaja a través de pulsos eléctricos y cada pulso lleva consigo un paquete de información.

2.9.4 Número de tags. El número de tags o etiquetas son la base de datos de ejecución del el SCADA. Esta base de datos, contiene todos los valores actuales de los elementos de dicha base llamados etiquetas. Cada etiqueta contiene una variable que puede ser de varios tipos:

- ✓ Interna, la variable es utilizada exclusivamente por el software del SCADA.
- ✓ Externa, la variable se utiliza como enlace entre el SCADA y el PLC
- ✓ Grupos de alarmas
- ✓ Asociados a gráficos históricos

Al editar una etiqueta desde el menú “diccionario de etiquetas” habrá que definir su tipo, sus valores límite, si se va a utilizar en un histórico, si se va a configurar como alarma, etc.

Antes de animar los objetos dibujados hay que tener editados las etiquetas necesarias.

Tabla 43. Variables medidas actualmente en Sistema de A.A Luis A. Calvo y Fundadores

VARIABLES DE ESTADO	VARIABLES DE FUNCIONAMIENTO
On/Off Totalizador	Temperatura de recinto

2.9.5 Variables a integrar. Son las variables a incluir en este sistema ya que actualmente solo se tiene referencia de la temperatura medida en el recinto, estas nuevas variables se seleccionaron teniendo en cuenta el funcionamiento de los sistemas, otras variables porque se miden periódicamente para verificar las condiciones de operación de los equipos.

Tabla 44. Variables a integrar A.A. Luis A. Calvo y Fundadores

UNIDAD CONDENSADORA			
Variable	Tipo de variable	Tipo de señal	Número de tags
On/Off compresores	Estado	Digital	4
On/Off ventiladores de extracción	Estado	Digital	11
Presión de succión y descarga	Funcionamiento	Análoga	8
Temperatura de refrigerante condensado	Funcionamiento	Análoga	4
Corriente del compresor	Funcionamiento	Análoga	4
Corriente de los ventiladores de extracción	Funcionamiento	Análoga	11
Voltaje motor compresor	Funcionamiento	Análoga	4
Presión de aceite compresor	Funcionamiento	Análoga	4
UNIDAD MANEJADORA			
Variable	Tipo de variable	Tipo de señal	Numero de tag
On/Off unidades	Estado	Digital	2

manejadoras			
Temperatura de refrigerante evaporado	Funcionamiento	Análoga	4
Corriente del motor del blower	Funcionamiento	Análoga	2
DUCTOS			
Variable	Tipo de variable	Tipo de señal	Numero de tag
% de aire renovado	Estado	Análoga	2
% de CO ₂	Estado	Análoga	2
Rango de enfriamiento de aire	Funcionamiento	Análoga	2
Flujo de aire en los ductos	Funcionamiento	Análoga	2
INDEPENDIENTE			
Variable	Tipo de variable	Tipo de señal	Numero de tag
Runtime	Funcionamiento	Desde el SCADA	2
Analizador de fases	Funcionamiento	Análoga	2
RECINTO			
Variable	Tipo de variable	Tipo de señal	Numero de tag
Temperatura ambiente y de recinto	Funcionamiento	Análoga	2
Humedad relativa	Funcionamiento	Análoga	2

2.10 ELEMENTOS A CONECTAR EN LA UNIDAD REMOTA

Los elementos encerrados en los cuadros de colores son los que irán conectados a la RTU para mejor control y supervisión de las actividades eléctricas del sistema. Los símbolos que están representados en los cuadros de colores se identificarán en el Anexo A. En la siguiente tabla se identificarán cada uno de los elementos con su respectiva variable.

Tabla 45. Identificación de los elementos a conectar con su respectiva variable

AUDITORIO FUNDADORES		
ELEMENTO	VARIABLE	IDENTIFICACIÓN
Estación de arranque y parada	On/off de unidad manejadora	A
Termostato	Temperatura de recinto	B

P baja C1, P baja C2	Presión de succión	C, F Respectivamente
P alta C1, P alta C2	Presión de descarga	E, H Respectivamente
RTC1, RTC2	Resistencia de cárter (depósito de aceite)	J
Temporizador	Tiempo de arranque	D y G
AUDITORIO LUIS A. CALVO		
ELEMENTO	VARIABLE	IDENTIFICACIÓN
Estación de arranque y parada	On/off de unidad manejadora	A
Termostato	Temperatura de recinto	H
P baja C1 y P baja C2	Presión de succión	G y M Respectivamente
P alta C1 y P alta C2	Presión de descarga	K y L Respectivamente
CPA1 y CPA2	Presión de aceite compresor	J y N respectivamente
Válvula solenoide	Conducción de refrigerante	B

Para el A.A Auditorio Fundadores y Luis A. Calvo se presentarán en las siguientes figuras.

Figura 84. Elementos a conectar en la unidad remota A.A Fundadores

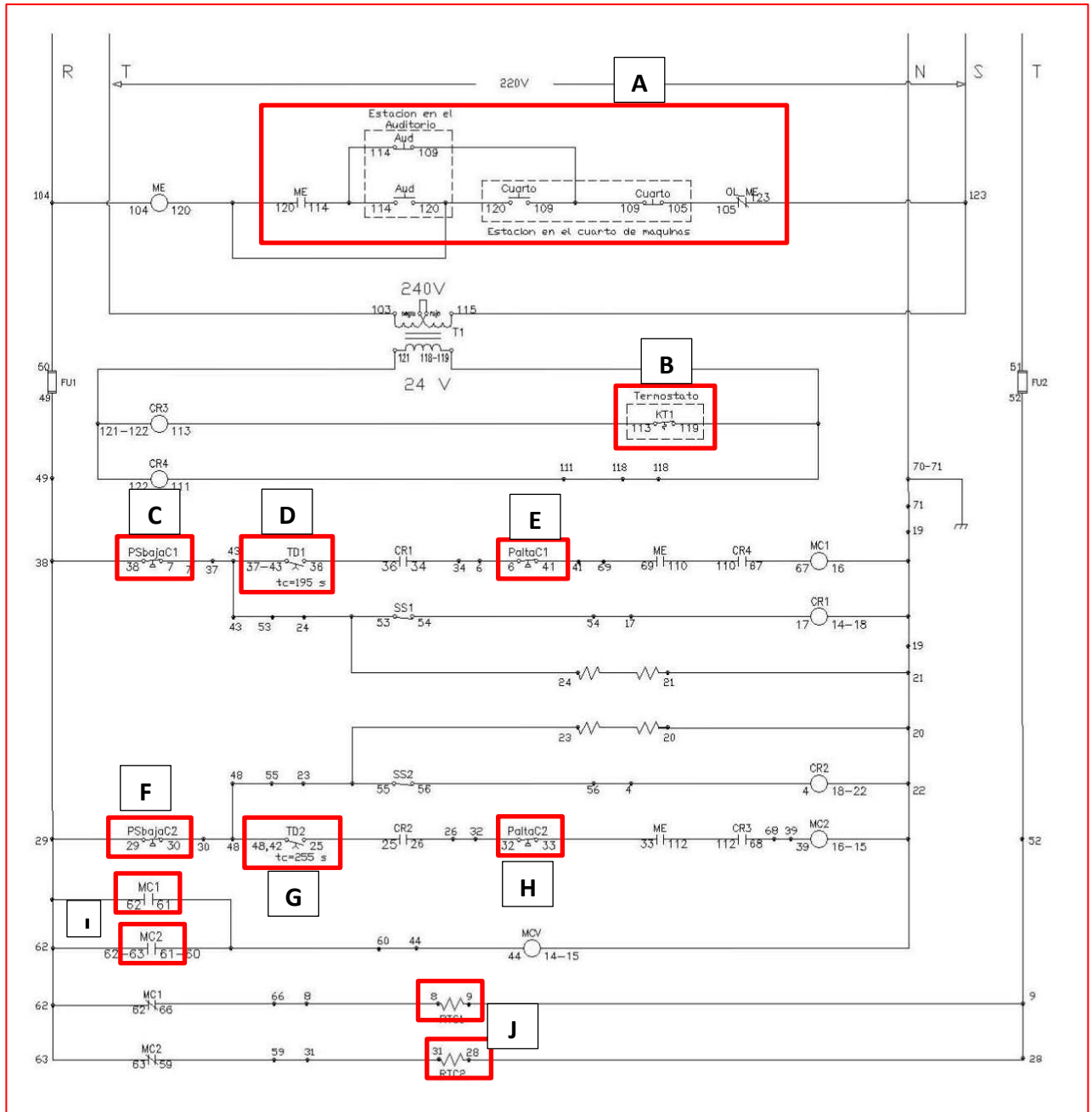
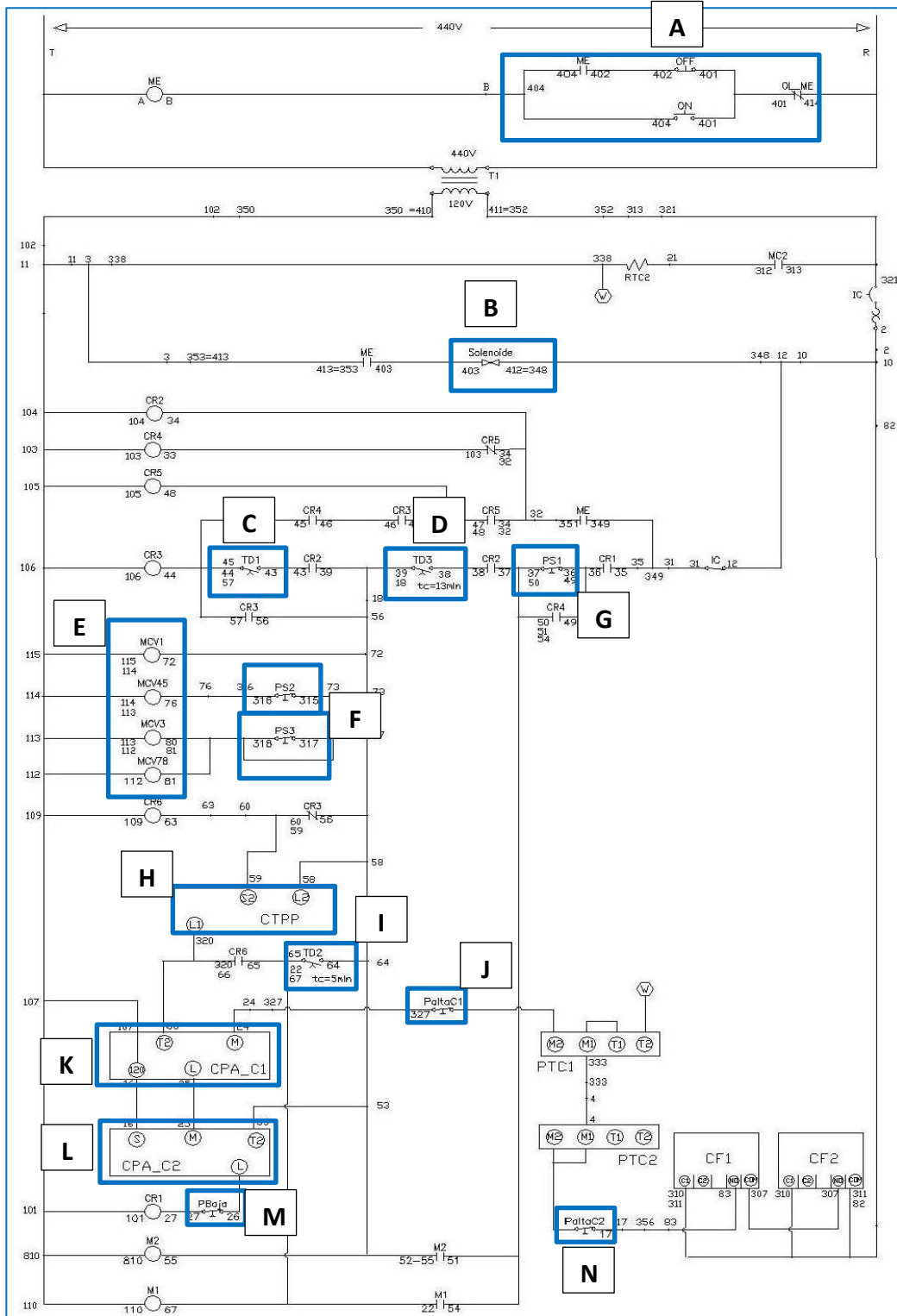
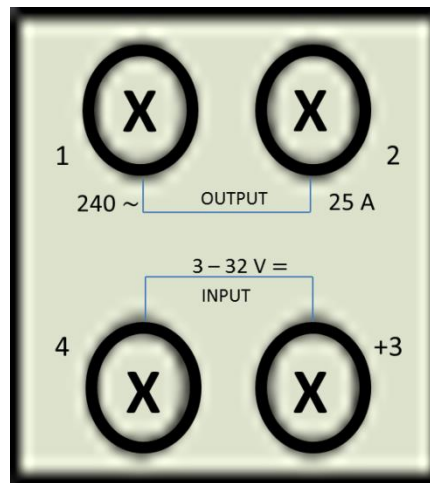


Figura 85. Elemento a conectar en la unidad remota A.A Luis A. Calvo



Para la conexión de los elementos anteriormente seleccionados se recurrirá al uso de relés de estado sólido puesto que son dispositivos ampliamente utilizados en la conmutación de cargas resistivas con señales de control en DC o AC. En este caso utilizarlos servirá para convertir la corriente AC de 111 Ampere y 110 Voltios para el Luis A. Calvo, y 90 Ampere y 240 Voltios del Fundadores (véase anexo C), a una mínima entre 3 y 32 voltios en forma DC para la alimentación y/o entrada hacia la unidad remota. Se manejará 24 VDC. Se tiene en cuenta que los relés de estado sólido utilizan componentes de estado sólido o semiconductores como los TRIACS y los SCRS, a diferencia de los relés electromagnéticos y contactores convencionales que en su construcción emplean bobinas y elementos mecánicos para realizar la conmutación.

Figura 86. Esquema Relé de estado sólido



Dentro las ventajas de estos elementos se encuentran:

- Altas frecuencias de operación (actúan más rápido).
- Su construcción sellada herméticamente los hace más resistentes a las condiciones ambientales.
- No sufren de desgaste mecánico ya que no usan partes móviles.

- Pueden conmutar altas corrientes y voltajes sin producir arcos o ionizar el aire circundante.
- Manejan aislamientos del orden de kilovatios entre la entrada y la salida.

A continuación se esquematiza la conexión de los relés en los planos de control de los sistemas de A.A Fundadores y Luis A. Calvo en la figuras 87 y 88, respectivamente. Seguidamente, la conexión de la nueva instrumentación de campo y la actual a la unidad remota en las figuras 89 y 90.

Figura 87. Diagrama de conexión de los relés de estado sólido al PLC A.A Fundadores

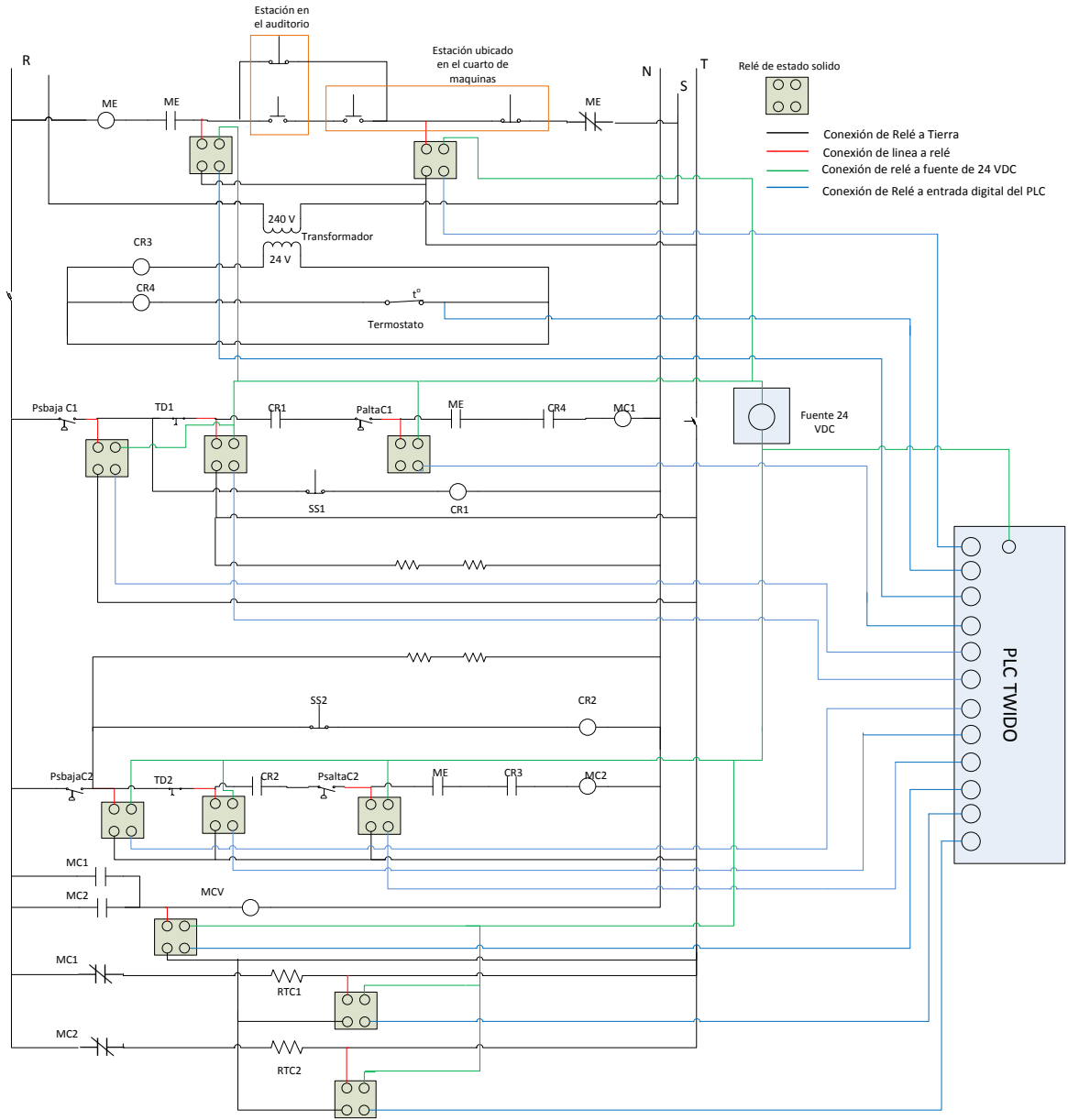


Figura 88. Diagrama de conexión de los relés de estado sólido al PLC A.A Luis A. Calvo

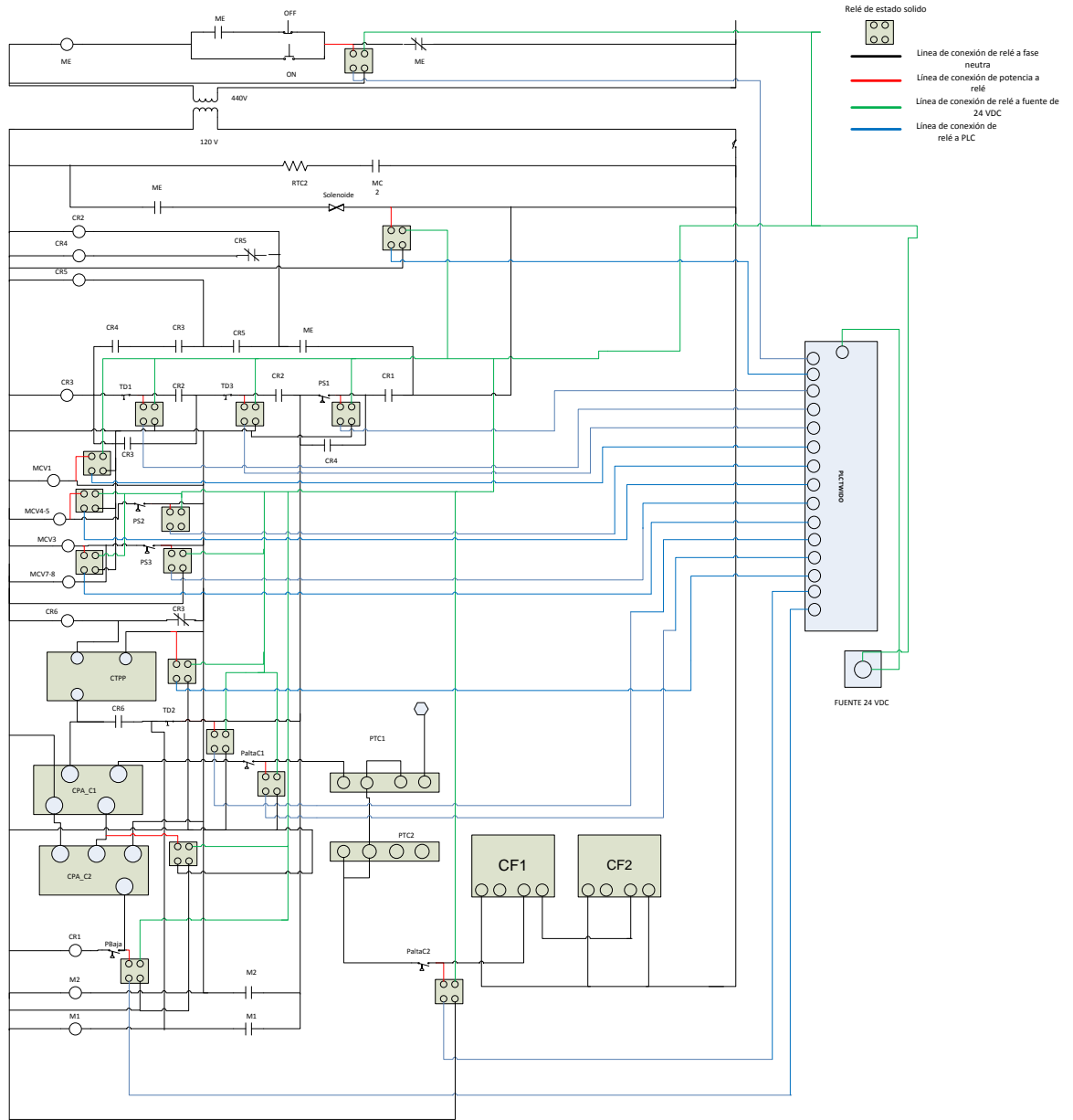


Figura 89. Conexión Instrumentación de campo al PLC en sistema A.A Fundadores

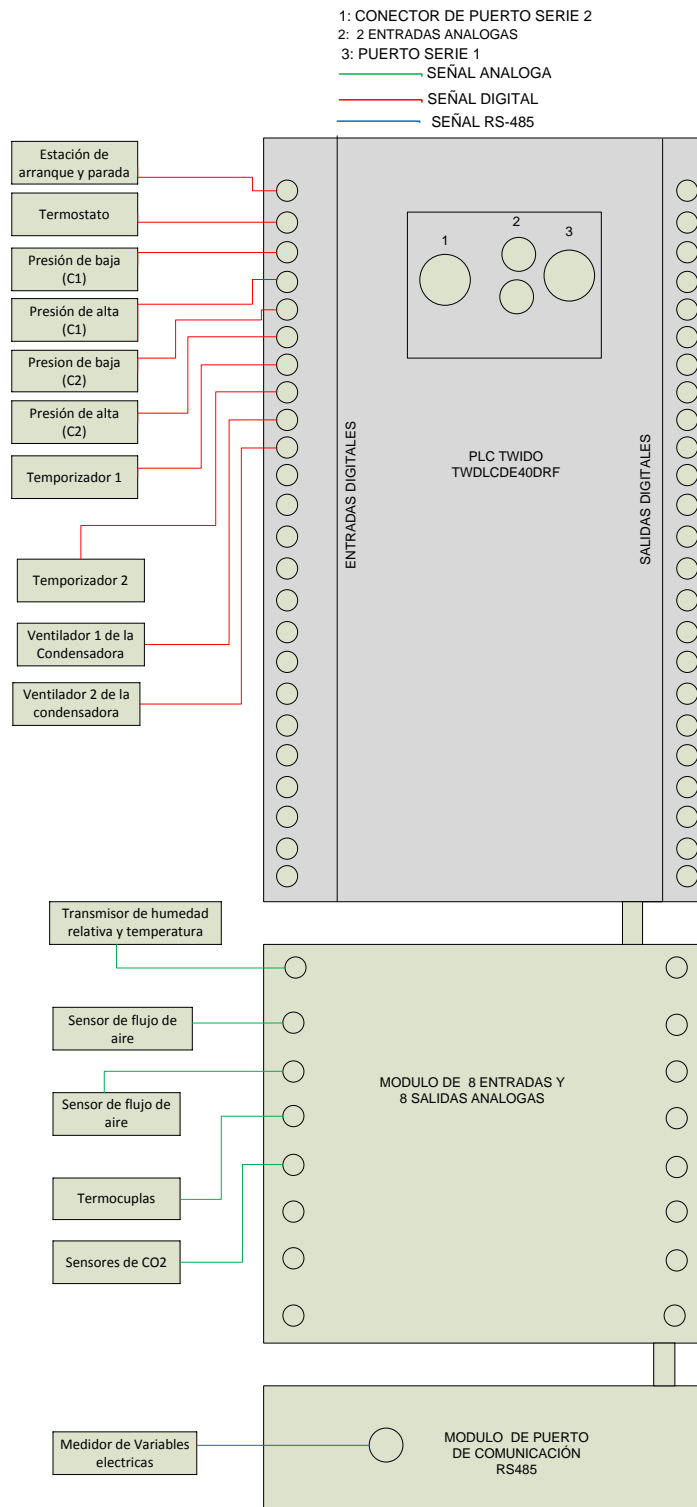
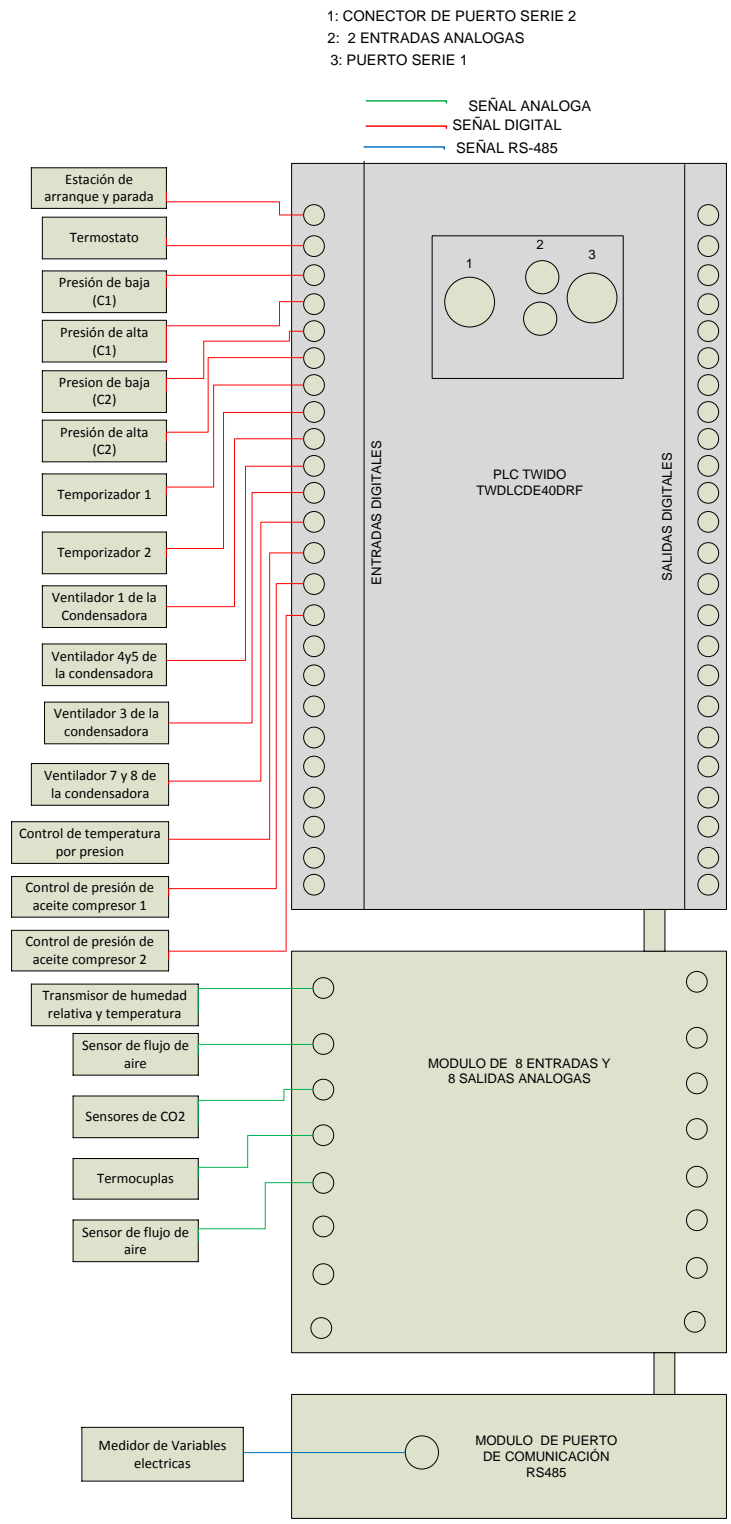


Figura 90. Conexión Instrumentación de campo al PLC en sistema A.A Luis A. Calvo



2.11 PROPUESTA DE DISEÑO PARA CONTROL DE COMPRESOR

El control de la temperatura del bulbo seco dentro de un recinto acondicionado precisa que se establezca un equilibrio entre la carga del local y el medio que se utiliza para vencerla. Cuando se utiliza el aire para vencer la carga interna, se puede escoger entre variar la temperatura del aire de aportación (volumen constante) o variar el volumen del mismo (volumen variable), a medida que fluctúa la carga del local.

En un principio solo se pensó en el monitoreo de los dispositivos que componen los sistemas de A.A de los auditorios anteriormente enunciados, pero para que éste no se enfoque en ese requisito, se decidió por realizar un control de tal manera que ayude a reducir el consumo de energía. Se optó por un sistema de volumen de aire variable como resultado de lo siguiente:

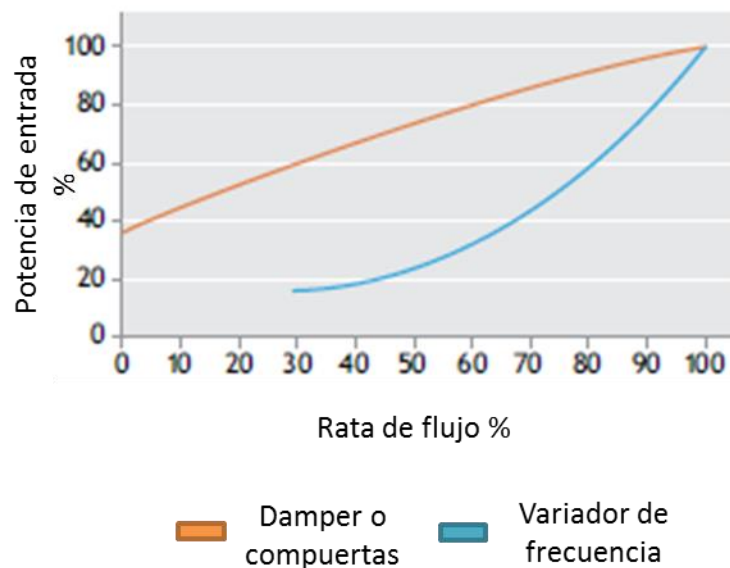
- ✓ Utilizar el mismo sistema, es decir, sin necesidad de realizar cambio en la estructura física o realizar algún cambio en el diseño de los ductos
- ✓ Aplicar un sistema de volumen de refrigerante variable implicaría cambios en los dispositivos del sistema del A.A, altos costos en su aplicación, cambios en la infraestructura.
- ✓ El gasto volumétrico de aire se controla en las cajas terminales o UMA y la velocidad del ventilador debe responder a los requerimientos del sistema. Debido a que la capacidad del ventilador es directamente proporcional a su velocidad y la potencia requerida es proporcional al cubo de la velocidad, ésta debe disminuir cuando el gasto volumétrico decrece. En este caso deben hacerse varias consideraciones económicas y técnicas.

La variación del caudal de aire, puede efectuarse mediante la variación de un simple dámper o compuerta que regula el volumen de aire introducido en el local. Este accesorio de regulación puede estar situado en: un conducto, una caja terminal, el difusor o rejilla terminal.

Actualmente existe un sistema de control de velocidad del motor denominado control de frecuencia ajustable al variador de frecuencia, el cual tiene las mejores características desde el punto de vista del costo, confiabilidad y eficiencia. Este tipo de controlador se puede aplicar a la mayoría de los motores de corriente alterna, aun cuando es deseable que éstos sean de alta calidad.

Desde el punto de vista de costo, confiabilidad y eficiencia se decidió el uso de un variador de frecuencia por lo siguiente:

Figura 91. Comparación de reducción de velocidad en ventiladores usando dámper y variadores de frecuencia



Debido a las pérdidas inherentes en los variadores de frecuencia, hay un punto en el que será menos eficiente que los dámperes. Esto es alrededor del 92% - 95% y no se muestra en este gráfico. Aunque los dámperes se utilizan a menudo para regular la salida de los ventiladores, el control de la reducción de velocidad del compresor se puede realizar con el variador de frecuencia siendo mucho más eficiente y lograr el mismo efecto. Para esto se debe conocer el principio de funcionamiento del variador de frecuencia.

Aunque hay diferentes tipos de variadores de frecuencia electrónicos, todos ellos son similares en el diseño y consta de cuatro componentes básicos:

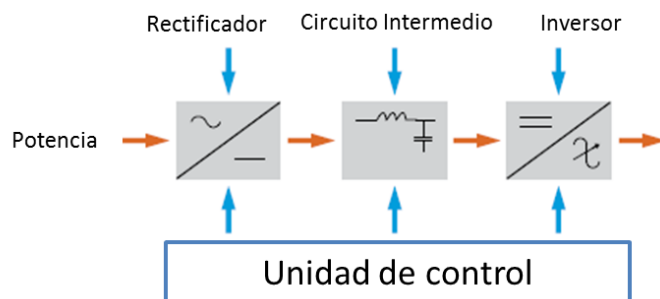
Rectificador: Cambia la entrada de corriente alterna suministrada a corriente directa (DC). El tipo de rectificador utilizado puede variar en función del tipo de actuación que se requiere en la unidad. El diseño del rectificador influirá en el alcance del contenido armónico presente en el entrante a suministrar. También se puede controlar la dirección del flujo de potencia.

Circuito intermedio: El suministro de corriente continua rectificada, es luego acondicionado en el circuito intermedio, normalmente por una combinación de inductores y capacitores. Más del 98% de las unidades actualmente en el mercado utilizan un enlace fijo de tensión de corriente continua.

Inversor: Convierte la corriente continua rectificada y condicionada y la regresa a corriente alterna en suministro para el voltaje y frecuencia variable. Esto se hace normalmente con un interruptor semiconductor.

Unidad de control: Da y recibe señales al rectificador, el circuito intermedio y el inversor para que funcione correctamente el equipo.

Figura 92. Esquema de un variador de frecuencia.



La propuesta está representada en el esquema de la figura siguiente:

Figura 93. Esquema de control para compresor Fundadores.

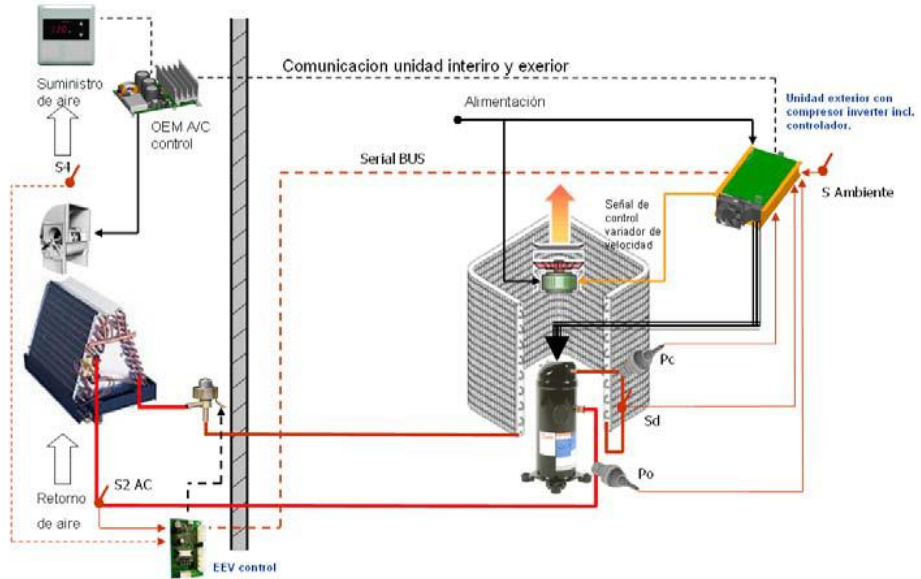
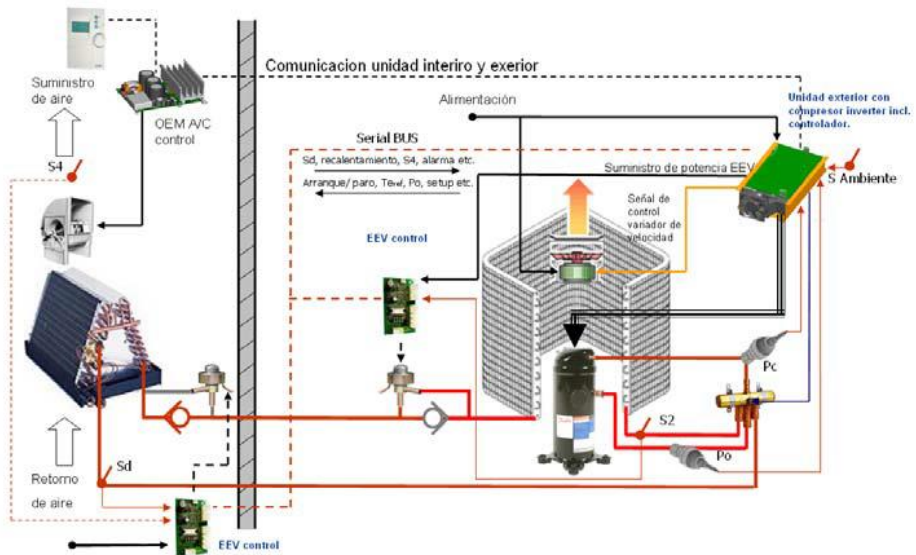


Figura 94. Esquema de control compresor A.A Luis A. Calvo.



Aprovechando la unidad remota, ésta tendrá el control sobre el variador de frecuencia para adquirir los datos del mismo. La conexión de sensores CO₂ para el

suministro de aire de calidad a la unidad remota para que esta envíe la señal al variador de frecuencia y opere sobre el motor.

Con la utilización de variador de frecuencia y estableciendo controles automáticos de determinados parámetros en los sistemas de climatización (temperaturas, presiones, etc.) se determina y establece un punto de operación óptimo para el confort o el régimen tecnológico de la instalación en cuanto a inyección de aire acondicionado. Los beneficios al emplear este tipo de control se ven reflejados en ahorros de energía eléctrica superiores al 40% en el compresor de las unidades condensantes de aire en sistemas de clima.

2.12 INSTRUMENTACION NECESARIA EN CAMPO

La instrumentación que se vaya a implementar no debe interferir con el funcionamiento del sistema, así como también operar bajo las condiciones normales; por esto cada uno de los sensores que se vayan a incluir deben cumplir con una serie de requisitos técnicos y de comunicación.

- **Sensor de temperatura:** En este tipo de recintos como lo son los auditorios se hace necesario tener este tipo de sensores que indiquen cual es la temperatura, este debe funcionar en rangos de operación de 10°C a 40°C, ya que la temperatura en estos lugares muy difícilmente salga de estos valores.
- **Variables eléctricas:** Para estas variables como son voltaje entre líneas y corrientes, el instrumento tiene que soportar valores de voltaje de aproximadamente 165 voltios y corrientes de aproximadamente 300 Amperios.

- **Sensor de presión:** Es importante conocer las condiciones de operación de los compresores, por esto los sensores deben tener la capacidad de soportar esos rangos de presión.
- **Sensores ON/OFF:** Estos sensores son los que van a indicar si el circuito del motor eléctrico está activo o inactivo, estos deben proporcionar la señal de voltaje de acuerdo a la unidad remota seleccionada.
- **Sensor de flujo:** Estos sensores van a cumplir con la tarea de indicar si los flujos de aire son los adecuados, para así determinar las condiciones óptimas necesarias en el momento.
- **Sensor de Humedad:** Este sensor debe ser ubicado donde se haga necesario conocer las condiciones ambientales, todo para buscar un buen confort en el sitio de trabajo. Se debe seleccionar teniendo en cuenta la temperatura del sitio donde se vaya a instalar, además que tenga salida de 4 a 20 mA.

3 ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Un sistema SCADA está encaminado a ser una herramienta que proporciona comunicación lo más clara y segura como sea posible, generalmente adquiriendo datos a través de unidades remotas conectadas a sensores. Datos que son almacenados en una base o unidad central, donde finalmente es mostrado al cliente o usuario mediante una interfaz gráfica. Todo esto con el objetivo de tomar decisiones pertinentes para el control de los procesos monitoreados. En este capítulo se describirá el diseño del modelo a plantear en los auditorios anteriormente mencionados. Pero antes de todo se debe comprender algunos conceptos o definiciones de cómo se encuentra la UIS en materia de redes de comunicación.

3.1 RED DE COMUNICACIÓN

Este es el nivel que gestiona la información que los instrumentos de campo envían a la red de ordenadores/módems desde el sistema. El tipo de BUS utilizado en las comunicaciones puede ser muy variado según las necesidades del sistema, como los son la tipología de red, los protocolo de comunicación y del software escogido para implementar el sistema SCADA, ya que no todo elemento mencionado (así como los instrumentos de campo como es el caso de los PLC) pueden trabajar con todos los tipos de BUS.

En nuestro caso, se hará un diseño centralizado con el tipo BUS, comunicado mediante el protocolo MODBUS.

3.2 DEFINICIONES

➤ **Puentes y Conmutadores:** Los puentes (bridges) son dispositivos de interconexión de redes de ordenadores que opera en la capa dos (nivel de enlace de datos) del modelo OSI. Este interconecta segmentos de red (o divide una red en segmentos) haciendo la transferencia de datos de una red hacia otra con base en la dirección física de destino de cada paquete. Los conmutadores (switch) son dispositivos digitales lógicos de interconexión de redes de computadoras que opera en la misma capa que los puentes del modelo OSI. A diferencia de los puentes, los conmutadores sólo permiten conectar redes que utilicen los mismos protocolos a nivel físico y de enlace. Su principal función es segmentar una red para aumentar su rendimiento.

➤ **Repetidores y concentradores:** Los repetidores son dispositivos encargados de regenerar la señal entre los dos segmentos de red que interconectan, extendiendo de esta forma su alcance. Se usan cuando las distancias entre los nodos de una red son muy elevadas los efectos de la atenuación resultan siendo intolerables, es necesario entonces utilizar dispositivos que restauren la señal a su estado original.

Los concentradores, también denominados hubs, son dispositivos que actúan como punto de conexión central entre los nodos que componen una red. Los equipos conectados al propio concentrador son miembros de un mismo segmento de red, y comparten el ancho de banda del concentrador para sus comunicaciones. En definitiva, son repetidores para cableado de par trenzado

➤ **CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - (Acceso múltiple con escucha de portadora y Detección de Colisiones)** Su

uso está especialmente extendido en redes Ethernet donde es empleado para mejorar sus prestaciones. En CSMA/CD, los dispositivos de red escuchan el medio antes de transmitir, es decir, es necesario determinar si el canal y sus recursos se encuentran disponibles para realizar una transmisión.

➤ **Ethernet:** Es la capa física más popular la tecnología LAN usada actualmente. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI. Ethernet es popular porque permite un buen equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación. La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3.

3.2.1 Redes de comunicación UIS. La Universidad Industrial de Santander cuenta red de datos LAN denominada Canarias a la cual acceden computadores personales, laptops, servidores, impresoras y equipos propios de red como lo son conmutadores, routers y hubs. La constitución física de esta red se rige por un centro de cableado principal, enlaces de fibra óptica entre cada una de sus sedes (Campus central, Facultad de salud, sede Bucarica y Guatiguará). La estructura de red de la UIS es la de una estrella extendida configurada con Switch central BLACK DIAMON 8806 de chasis multi-protocolo y multi-capa con una capacidad de procesamiento de 384 Gbps. También se encuentra incluido un dispositivo emergente que cumple con la labor de distribución de paquetes de datos a través de los diferentes edificios en lo que se encuentra distribuida la red. El centro de cableado principal está ubicado en las dependencias de la planta telefónica de la universidad que corresponde geográficamente al centro del campus universitario aproximadamente lo que garantiza la optimización de las distancias de fibra óptica entre cada uno de los centros de cableado de los edificios. Sin excepción alguna, todos los edificios del campus cuentan con un centro de cableado, un switch para la interconexión con el principal, cuya conexión se realiza a través de fibra óptica, Fast – Ethernet o Giga bit – Ethernet para la conexión de concentradores en cada uno de los edificios. En base a esta descripción de la red de datos de la UIS, se puede indicar que es muy sencillo realizar la comunicación del sistema SCADA para los aires acondicionado aprovechando la infraestructura y arquitectura de la comunicación.

3.3 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Cuando se menciona un protocolo de comunicación, a lo que en realidad se refiere es al lenguaje que utiliza el panel de alarma para enviar información a la estación de monitoreo. Este lenguaje suele responder a una serie de normas establecidas por el fabricante del producto. A lo largo del tiempo se ha ido mejorando la

tecnología de las comunicaciones, y se han podido ir usando protocolos más útiles para las nuevas máquinas. Para la red de control distribuido, que es nuestro caso y en el cual su desarrollo ha sido para mejorar la adquisición de grandes volúmenes de información, definiremos algunos protocolos que comúnmente son utilizados.

3.3.1 TCP/IP. Se le llama TCP/IP, a la familia de protocolos que permite estar conectados a la red Internet. Cuando se habla de TCP/IP, se relaciona automáticamente como el protocolo sobre el que funciona la red Internet. Este nombre viene dado por los dos protocolos estrella de esta familia:

- El protocolo TCP, funciona en el nivel de transporte del modelo de referencia OSI, proporcionando un transporte fiable de datos.
- El protocolo IP, funciona en el nivel de red del modelo OSI, que permite encaminar datos hacia otras máquinas.

3.3.2 Modbus. Es un protocolo de comunicación serial basado en el modelo maestro/esclavo. Cada esclavo debe tener una única dirección, así el maestro sabe con quién se debe comunicar. A la fecha es un estándar de facto, es público, muy seguro, no requiere licencias y su implementación es relativamente fácil en dispositivos electrónicos. No especifica estrictamente el tipo de red de comunicaciones a utilizar, por lo que se puede implementar sobre redes basadas en Ethernet, RS-485, RS-232 etc.

3.3.3 Devicenet. Red de bajo nivel adecuada para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, dispositivos de alto nivel (PLC, controladores, computadores, HMI, entre otros). Provee información adicional sobre el estado de la red, cuyos datos serán desplegados en la interfaz del usuario. Existen tres tipos de Devicenet: Plana, Delgada, Gruesa. De acuerdo al cable de las líneas, la diferencia es la cantidad de corriente y velocidad.

3.3.4 BACnet. Es un protocolo de comunicación de datos diseñado originalmente por la ASHRAE actualmente es también un estándar de la ISO y ANSI, para comunicar entre sí a los diferentes aparatos electrónicos presentes en los edificios actuales (alarmas, sensores de paso, aire acondicionado, calefactores, etc.)

3.4 PROTOCOLO MODBUS

Al tratarse de un sistema que deberá sujetarse al protocolo MODBUS, el hardware deberá diseñarse de tal forma que de soporte eficiente al mismo.

3.5 GENERALIDADES.

El protocolo MODBUS define una red digital de comunicaciones con un solo master y uno o más dispositivos esclavos o cliente / servidor. Este protocolo es ampliamente usado por ser de comunicación simple y abierta, destinado para la supervisión y el control de equipo de automatización. MODBUS es un protocolo de comunicación diseñado para permitir a equipo industrial tal como Controladores Lógicos Programables (PLC), computadores, motores, sensores, y otros tipos de dispositivos físicos de entrada/salida comunicarse sobre una red. El protocolo establece como los mensajes se intercambian en forma ordenada y la detección de errores. Este protocolo se encuentra en la capa siete del modelo OSI, debido a su simplicidad y especificación abierta, es actualmente uno de los más utilizados por los fabricantes.

3.5.1 MODBUS en la pirámide OSI. El protocolo MODBUS se encuentra en la capa siete (capa de aplicación) del modelo OSI, el cual proporciona la interfaz y servicios que soportan las aplicaciones de usuario, adicionando a esto se encarga de brindar acceso general. Además este protocolo está presente en las capas 1 y 2 de la siguiente manera:

- **Capa física (capa 1):** Es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información. Cable de pares trenzados: full dúplex y half dúplex, para comunicación RS485. En el caso RS422 fibra óptica.

- **Capa de enlace de datos (capa 2):** Establece el control de flujo de la información. El protocolo MODBUS es un protocolo de Esclavos-Maestros. Sólo un maestro (a la vez) se conecta al bus, y uno o varios (247 número máximo) nodos esclavos también están conectados con el bus de la misma serie. Una comunicación MODBUS es siempre iniciada por el maestro. El maestro emite una

solicitud MODBUS a los esclavos de dos modos: modo unidifusión; el maestro dirige un esclavo individual, modo broadcast, el maestro puede enviar una petición a todos los esclavos.

3.5.2 Formatos MODBUS. Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. MODBUS RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de Código de redundancia longitudinal.

Figura 95. Codificación MODBUS ASCII

Comienzo de trama	Dirección	Función	Datos	Control de errores	Fin de trama
:	2 bytes	2 bytes	N x 2 bytes	2 bytes	CR + LF

Figura 96. Codificación MODBUS RTU

Comienzo de trama	Dirección	Función	Datos	Control de errores
Tiempo de 3 bytes	1 byte	1 byte	N x 1 bytes	1 bytes

3.5.3 Datos del protocolo MODBUS. MODBUS diferencia cuatro tipos de datos y tiene funciones específicas para ellos con un direccionamiento independiente. Se diferencian entre sí, si son de lectura o escritura, y si son tipo bit o tipo Word (16 bits).

Tabla 46. Tipos de datos utilizados en protocolo MODBUS

Tipo de dato	Lectura / Escritura	Ancho de dato	Descripción
Entrada discreta	Lectura	1 bit	Variables de 1 bit que el master puede leer
Bobina	Lectura / Escritura	1 bit	Variables de 1 bit que el master puede escribir y leer
Registro de entrada	Lectura	16 bits	Variables de 16 bits que el master puede leer
Registro de salida	Lectura / Escritura	16 bits	Variables de 16 bits que el master puede escribir y leer

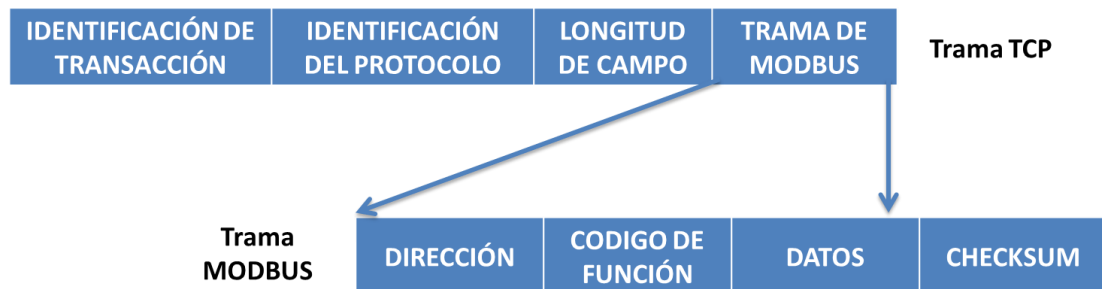
Tabla 47. Funciones básicas de escritura y lectura sobre los tipos de datos de MODBUS.

Código y Nombre	Descripción
01 Read coil status	Lee n Coils (salidas digitales)
02 Read Input Status	Lee n Discret input (entradas digitales)
03 Read Holding Register	Lee n Holding Registers (registros de salida)
04 Read Input Registers	Lee n Input Registers (registros de entrada)
05 Force Single Coil	Escribe 1 Coil (salida digital)
06 Presets Single Register	Escribe 1 Holding Register (registro de salida)
15 Force multiple Coils	Escribe n Coils (salidas digitales)

Fuente: Manual Beckhoff Proface en http://infosys.beckhoff.com/index_es.htm

3.5.4 MODBUS TCP/IP. Fue introducido por Schneider Automation como una variante del protocolo MODBUS, ampliamente usada para la supervisión y el control de equipo de automatización por su versatilidad en la capacidad de uso de redes Ethernet. Permite utilizarlo sobre la capa de transporte del modelo OSI. Realmente está especificado en establecer la comunicación MODBUS en un entorno intranet o internet usando los protocolos TCP/IP. La función de MODBUS/TCP es básicamente encapsular una trama MODBUS dentro de una trama TCP en una manera simple como se muestra en la figura a continuación.

Figura 97. Encapsulamiento de la trama MODBUS en TCP.



Fuente: Los Autores.

3.6 UNIDAD CENTRAL O MTU

Para la unidad central es recomendable, para nuestro interés, un ordenador de tipo escritorio, cuyas características vendrán estipuladas de acuerdo al software

SCADA seleccionado para que la DMT tenga acceso directo a los registros del sistema. En este caso no debe marginar el uso de una UPS (Alimentación Eléctrica Ininterrumpida, por sus siglas en inglés) para respaldar la energía eléctrica de la unidad central en caso de una falla en el fluido eléctrico, obviamente para que no deje de funcionar por un lapso de tiempo prolongado.

Igualmente se encargará del almacenamiento de datos del sistema, asimismo la ejecución de tareas y demás servicios del sistema. En el capítulo siguiente se describirán las características de esta unidad central de acuerdo a los componentes escogidos en la instrumentación de campo. Destacar que no se necesita un número exagerado de estas unidades puesto que el sistema no es tan crítico ni de mayor complejidad.

3.6.1 Servidor de datos (ADS). Nació por la necesidad de las organizaciones de realizar sus operaciones con mayor eficiencia. Es el “director de la orquesta” del sitio, puesto que permite desde una pantalla interactuar con una interfaz amigable, a través de diagramas de todo los sistemas al mismo tiempo. Las especificaciones del servidor de datos se verán en la siguiente tabla:

Tabla 48. Especificaciones del servidor de datos.

Servicio	Proceso servidor: Proveedor de servicios. Proceso cliente: consumidor de servicios
Recursos compartidos	Sirve a varios clientes al mismo tiempo y regula el acceso de todos al mismo tiempo.
Centralización del control	Los accesos, recursos e integridad de los datos son controlados por el servidor de tal manera que si un programa defectuoso o no autorizado no pueda dañar el sistema. Esta centralización también facilita de poner al día datos u otros recursos.
Escalabilidad	Se puede aumentar la capacidad de clientes y servidores por separado.

	Cualquier elemento puede ser aumentado o mejorado en cualquier momento, o se pueden nuevos nodos a la red (cliente servidor).
Fácil mantenimiento	Al estar distribuidas las funciones y responsabilidades entre varios ordenadores independientes es posible reemplazar, reparar, actualizar, o incluso trasladar un servidor, mientras que sus clientes no se verán afectados por esos cambios. Esta independencia de los cambio se conoce como encapsulación.
Transparencia de ubicación	Un programa puede ser cliente o servidor.
Mezclar y acoplar	Es independiente de plataformas de equipos o de sistemas operativos.

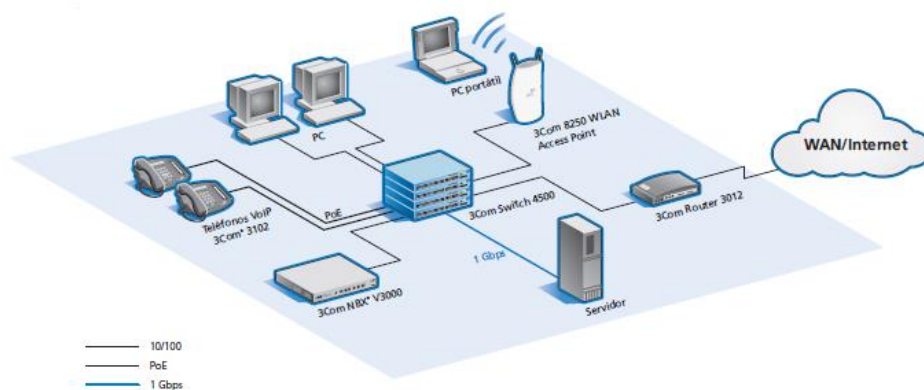
3.6.2 Switch 3com 4500. La familia 3Com Switch 4500 de switches 10/100 Ethernet administrables y apilables proporciona una conectividad de LAN segura y flexible para las redes empresariales y de sucursales. También provee velocidad de transmisión de datos, este switch maneja los paquetes tan rápido como sea posible, capa de conectividad, dado a que maneja un nivel de disponibilidad y debe adaptarse a los cambios que sufra la red de manera inmediata.

Tabla 49. Características del switch 3com 4500

Asegura la red	Las funcionalidades esenciales de seguridad proporcionan autenticación de usuario y dispositivo, hacen cumplir el control de acceso para la administración de switching y mejoran la seguridad global de la red para proteger la información y los recursos críticos.
Potencia la convergencia de aplicaciones	La familia Switch 4500 combina funcionalidades de switching de alto rendimiento, calidad de servicio (QoS) y administración avanzada de tráfico para garantizar que las aplicaciones esenciales reciben prioridad.
Reduce los costes de	El Power over Ethernet proporciona alimentación eléctrica y conectividad de datos sobre un mismo cable Ethernet, lo que redundo en unos ahorros de

despliegue	coste significativos a la hora de desplegar dispositivos tales como teléfonos IP, puntos de acceso inalámbricos y cámaras de seguridad IP.
Mejora la administración y el control	Fácil de usar y administrar, la familia Switch 4500 está diseñada para incrementar la productividad empresarial al soportar con total fiabilidad las aplicaciones corporativas que potencian las mejoras de productividad.
Rendimiento	Diseñada para una conectividad de red de alto rendimiento, la familia Switch 4500 ofrece modelos de 26 y de 50 puertos que proporcionan una capacidad de switching agregada de hasta 8,8 Gbps y 13,6 Gbps respectivamente. Los uplinks Gigabit duales en cada unidad de switching permiten establecer conexiones de alta velocidad con la red troncal o con los servidores conectados localmente.
Administración y control	La familia Switch 4500 funciona con el sistema operativo de 3Com, el mismo software comprobado y compartido por los switches empresariales de primera clase de 3Com, incluyendo las familias Switch 5500, Switch 7700 y Switch 8800. Las funcionalidades de configuración y control de red son accesibles mediante interfaz de línea de comando (CLI), o bien usando software de administración SNMP, como por ejemplo 3Com Enterprise Management Suite (EMS) y 3Com Network Director.

Figura 98. Ejemplo de configuración LAN mediana soportada por el Switch 4500



Fuente: http://www.tarconis.com/documentos/3COM_4500ds.pdf

3.6.3 Recursos de red y comunicación del sistema. La integración del sistema a la unidad central es de vital importancia para el funcionamiento del sistema SCADA. A continuación se mostrará el orden de conectividad de nuestro sistema:

- Adquisición de datos de las nuevas variables y parámetros involucrados en el sistema por medio de un PLC o RTU que cumpla con los requisitos de comunicación MODBUS.
- Realizar una conexión física entre ésta, PLC y el switch 3Com de cada auditorio perteneciente a diferentes dependencias, para poder tener acceso a la red LAN de la universidad.
- Realizar la conexión física entre el servidor ADS y el switch de la DMT.
- Crear una VLAN exclusiva, en la cual se hará el direccionamiento desde las dependencias de los auditorios hacia la DMT.

3.7 SOFTWARE DEL SISTEMA SCADA

El software para el sistema SCADA es fundamental para el buen desempeño, por esto es de mucho cuidado su selección. Hoy día hay existen compañías que desarrollan este tipo de software bajo licencia paga u otros con licencia gratuita, pero esto es simplemente un factor económico a tener en cuenta, aunque realmente el factor más importante a tener en cuenta son los requerimientos y características del sistema.

Para la selección del software del sistema SCADA de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y fundadores de la UIS, hay que tener presente los siguientes criterios de funcionamiento:

- ✓ El software debe ofrecer como mínimo, un registro permanente de datos, tener la capacidad de informar sobre algún suceso no deseable, es decir, emitir alarmas ante una situación no deseable, además contar recursos

para la presentación y configuración de informes y acceso mediante un navegador Web.

- ✓ Debe tener compatibilidad con los equipos seleccionados, para facilitar la comunicación es preferiblemente mejor que tenga el driver por comunicación Modbus TCP.

En últimas para la selección del software SCADA se debe tener en cuenta la capacidad para comunicarse con las unidades remotas seleccionadas. Siguiendo con las prestaciones a ofrecer deberá satisfacer los requerimientos expuestos en la sección 3.1

- Registro histórico de variables
- Generación de reportes
- Acceso mediante navegador Web
- Gestión de usuarios

Otro parámetro a utilizar es el número de variables a utilizar en el sistema a fin de adquirir la licencia adecuada. Las variables mencionadas anteriormente fueron estipuladas de acuerdo a las necesidades y requerimiento de la DMT. Posteriormente se deben dejar variables adicionales para futuras ampliaciones (otros sistemas de aire acondicionado).

4 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA

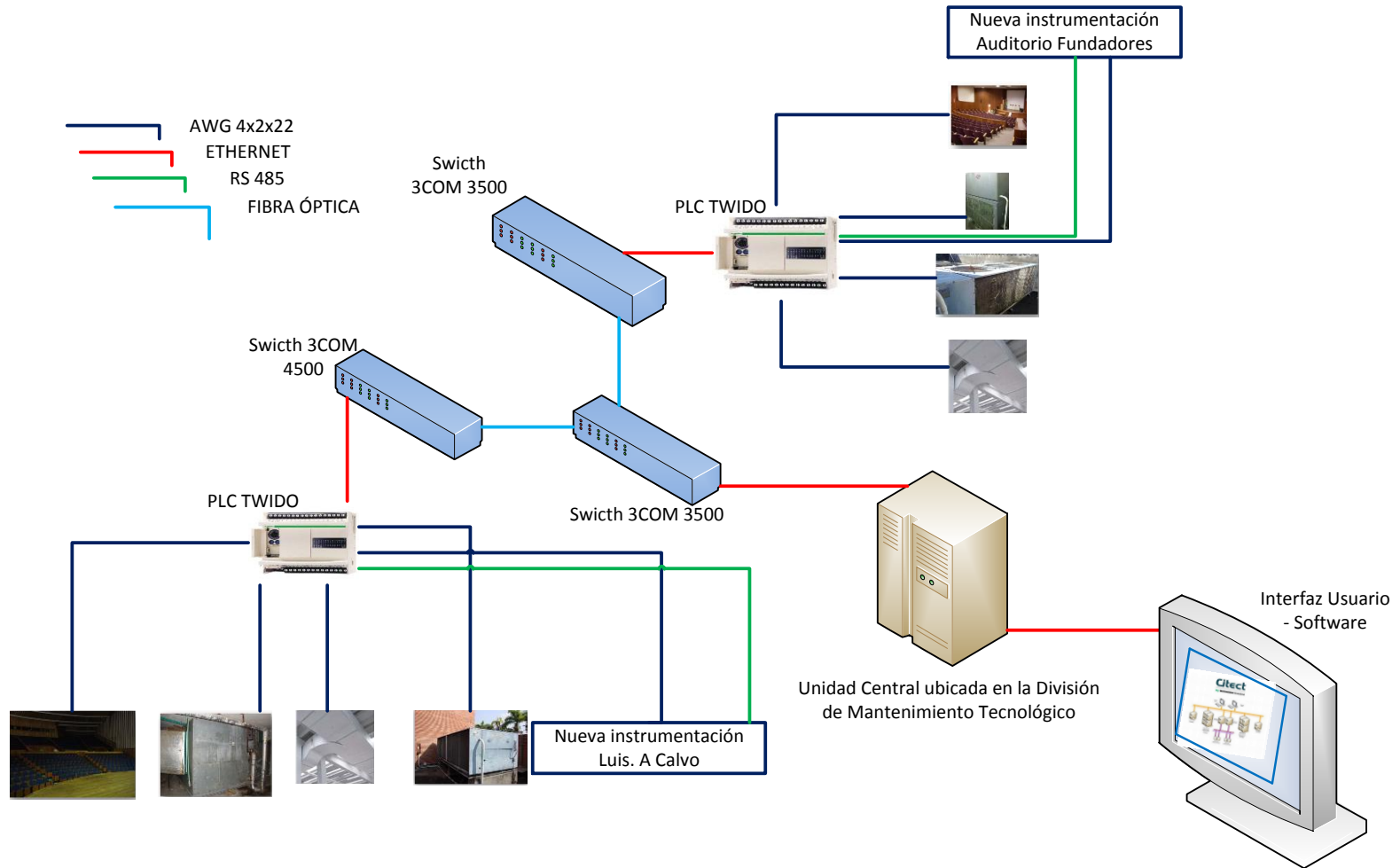
En el presente capítulo se describirá la propuesta de implementación del sistema SCADA a los aires acondicionados mencionados en los capítulos anteriores. Como toda propuesta, se elabora una selección de los dispositivos y/o equipos para el funcionamiento del sistema, incluyendo los criterios tenidos en cuenta para dicha selección. Adicionalmente, la propuesta incluye un proceso sistemático de la implementación, constituido por cuatro fases, y a su vez un presupuesto en boceto del costo del proyecto.

Y para finalizar se establece los formatos para la formulación de proyectos en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS (BPPUIS), mencionando las características respectivas y descripción según las pautas de los formatos.

4.1 ESQUEMA GLOBAL DEL SISTEMA SCADA PROPUESTO

En el siguiente esquema se muestra el sistema global, incluyendo las referencias de los equipos más relevantes así como el tipo de cableado para la comunicación entre ellos. Se siguieron recomendaciones de la División de Mantenimiento Tecnológica y División de Comunicaciones, ambas correspondientes a la UIS.

Figura 99. Esquema general del sistema propuesto



4.2 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA SCADA A PROPONER

Para la selección de los equipos que componen nuestro sistema se tuvo en cuenta las características de los equipos establecidas en la sección 2.12, además algunas indicaciones y recomendaciones realizadas por la división de mantenimiento para que el montaje de los dispositivos no interfiera en el funcionamiento del sistema y a su vez sea lo más cómodo.

La metodología para seleccionar los dispositivos consiste en presenta diferentes alternativas que obedecieran a los requerimientos establecidos en el capítulo anterior.

4.2.1 Instrumentación de campo. En el capítulo anterior se mencionaron las variables pendientes a instrumentar, de los cuales temperaturas de zona, control on/off de distintos elementos de los sistemas, sensores de flujo, variables eléctricas entre otras. Para medir estas variables se necesita seleccionar una instrumentación de campo adecuada. A continuación se describirá cada uno de los elementos a integrar en el sistema SCADA.

Se compararon diferentes dispositivos en el momento de realizar la selección, teniendo en cuenta aspectos generales como:

- ✓ Compatibilidad con el sistema
- ✓ Identificación de elementos existentes en el campus universitario
- ✓ Costo de adquisición e instalación.
- ✓ Disponibilidad y soporte técnico.

- **Transmisor de humedad relativa y temperatura:** La ubicación de este sensor va a depender de las zonas donde se necesite tener registro de los valores de temperatura y humedad, estos lugares van a hacer de referencia para tener información acerca del buen confort que va a brindar el sistema de aire acondicionado.

Tabla 50. Transmisor de humedad relativa y temperatura

 A6041936
Código: A6041936
Fabricante: Veto
Aplicación: Interior/Exterior
Precisión Humedad: ± 2
Rango de temperatura de trabajo: -20 a 80°C
Precisión Temperatura: ± 0.3
Alimentación: 12-40 VDC
Salida: 4 – 20 mA
Precio: \$ 193.848 COP

- **Sensor de flujo de aire:** Este sensor es muy importante ya que se puede conocer en cada instante el flujo de aire que circula por los ductos, y así poder conocer si pueden llegar a existir algunas anomalías en el funcionamiento del sistema dependiendo del caudal que este circulando.

Tabla 51. Sensor de flujo de aire


Modelo: FM-1000C-02
Fabricante: Ameritrol Inc.
Señal de salida: 24 VDC/AC
Tiempo de respuesta: 3 segundos
Material de construcción: 316L Stainless Steel Standard
Precio: \$ 310 USD

Este sensor es de fácil instalación en los ductos de aire, es de material altamente resistente a la corrosión, puesto que estará expuesto al contacto directo con aire, y este aire lleva mínimas cantidades de vapor de agua, por esto su fabricación es de acero inoxidable.

- **Medidor de variables eléctricas:** Para obtener datos eléctricos como corriente, voltaje una alternativa a utilizar es este medidor de energía, es muy útil porque a través de este se puede monitorear las variables eléctricas en las unidades condensadoras, allí donde están los compresores y los ventiladores de extracción de aire.

Tabla 52. Medidor de variables eléctricas


Modelo: PM-2133
Fabricante: Logicbus
Comunicación: RS-485
Voltaje de entrada: 10-500V
Máxima corriente: 300 A
Alimentación: 10-30 VDC
Precio: \$ 687.000 COP

- **Sensores de CO₂:** En nuestro caso la aplicación de este tipo de sensores se pueden utilizar para controlar la calidad del aire, medirla y la necesidad de adaptarse de aire fresco, respectivamente. Este sensor tiene como finalidad poder tener información acerca de la cantidad de dióxido de carbono que hay en el recinto así como del que está circulando por el ducto.

Tabla 53. Sensor de CO2


Modelo: LBTG469- X 1 8 2 – Y02/05 E –T05
Fabricante: Logicbus
Comunicación: Modbus RS485
Tipo de salida: Análoga
Alimentación: 24VAC/VDC
Salida: 0-10 VDC
Precio: \$ 378 USD

- **Termocuplas:** Estos dispositivos se instalarán en las líneas de succión y descarga para sensar la temperatura de condensación y evaporación, respectivamente.

Tabla 54. Termocupla tipo K


Modelo: TCP109K
Características: Sensibilidad de 41μV/°C y Diámetro sensor=6mm
Tipo de salida: Análoga
Rango: 0°C – 800°C
Salida: 0-10 VDC
Precio: \$ 16.000 COP

4.2.2 Unidades remotas. Las unidades remotas para este sistema SCADA deben tener la capacidad de poder usarse como maestro MODBUS RTU para que se pueda comunicar con toda la instrumentación de campo necesaria, además debe poseer una interface Ethernet que establezca comunicación con el switch de cada edificio y de igual forma lograr la misma con la unidad remota. Como estructura física debe poseer mínimo 7 entradas digitales y 6 entradas análogas, esto para asegurar que se pueda acoplar toda la instrumentación de campo. De acuerdo a los requerimientos anteriormente expuestos se proponen dos alternativas que pueden cumplir con las necesidades expuestas.

➤ **Serie RTU32S:** Esta unidad tiene capacidades de comunicación que incluyen LAN 10/100Mbit/s, puertos COM y puertos USB. Los RTU32S ofrece soporte para dispositivos de comunicación de datos opcional interno o externo, como radios, GSM/GPRS/3G Wi-Fi, módem de acceso telefónico, además este equipo ofrece la posibilidad de configurarlo para casi cualquier aplicación con control, comunicación y manejo de datos segura.

Figura 100. RTU serie 32S



Fuente: <http://brodersensystems.com/products/plcrtuseries/rtu32s/>

Algunas de sus funciones son:

- RTU pequeña y compacta con o sin dispositivo integrado de Entrada / Salida y de dispositivos de comunicación.
- Confiable sistema operativo en tiempo real
- Soporta varios tipos de protocolos de comunicación: MODBUS completa suite, EN/IEC60870-5-101/103/104 Protocolo, completa suite 61850 incl. GOOSE, DNP3 Suite, Binding - Distribución Global y Suscripción de Variables de eventos basados en tiempo estampado.
- Las interfaces de comunicación; 1 x Ethernet, 2 RS485 y 2 hilos COM RS232.

➤ **Schneider Electric PLC Twido TWDLCDE40DRF**

Figura 101. Twido TWDLMDA40DUK



PLC Twido son controladores muy competitivos y versátiles, de bajo costo, tamaño reducido y fácil instalación, que permiten hacer simulaciones y crear programas

con distintos tipos de lenguaje y alta resistencia a efectos de los ambientes severos.

- Alimentación de 24 VDC
- Entradas digitales 24
- Salidas digitales 14 Relé + 2 Transistor PNP 7
- Bornera a tornillo
- Software de programación Twido suite (Gratis – disponible en la página de Schneider Electric)
- Puerto de red Ethernet 100Base-TX integrado: sólo para TWDLCAE40DRF
- Reloj de tiempo real (RTC) integrado.
- Un cuarto contador rápido (FC).
- Soporte de batería externa.

Este PLC cuenta con módulos de expansión y es posible Es posible añadir Entradas/Salidas adicionales al controlador mediante módulos de Entradas/Salidas de ampliación.

➤ **Selección de la unidad remota:** Teniendo en cuenta las características técnicas de cada unidad remota presentada, se opta por el PLC Twido TWDLMDA40DUK puesto que presenta mayor facilidad en lo que concierne de su programación. Los PLC Twido junto con el software de programación gratuito Twidosuite, logran solucionar los requerimientos de automatización de hasta 264 Entradas/Salidas. No representa ningún inconveniente debido a que la instrumentación de campo a instalar es con fines de monitoreo únicamente. Además en la universidad se ha hecho el uso de este plc para fines académicos y de trabajos de grado.

Tabla 55. PLC TwidoTWDLMDA40DUK



Referencia: **TWDLMDA40DUK**

Fabricante: **Schneider Electric**

Alimentación: **24 VDC**

Entradas Digitales: **24**

Entradas Analógicas: **2**

Módulo de expansión: **Expansiones Entradas/Salidas analógicas TM2AM18HT 0 a 10V – 4 a 20 mA**

Modulo Expansión: **Módulo Comunicación RS485 TWDNOZ485D miniDIN**

Salidas digitales: **14 relé + 2 transistor PNP**

Software de programación: **Twido Suite**

Precio: **\$ 2'896.000 COP**

Tabla 56. Módulo de expansión Entradas/Salidas Análogas


Módulo de expansión: Expansiones Entradas/Salidas analógicas TM2AM18HT 0 a 10V – 4 a 20 mA
Software de programación: Twido Suite
Precio: \$ 930.000 COP

Tabla 57. Módulo de expansión Comunicación RS485


Módulo de expansión: Módulo de comunicación RS485 TWDNOZ485D miniDIN

Software de programación: Twido Suite
--

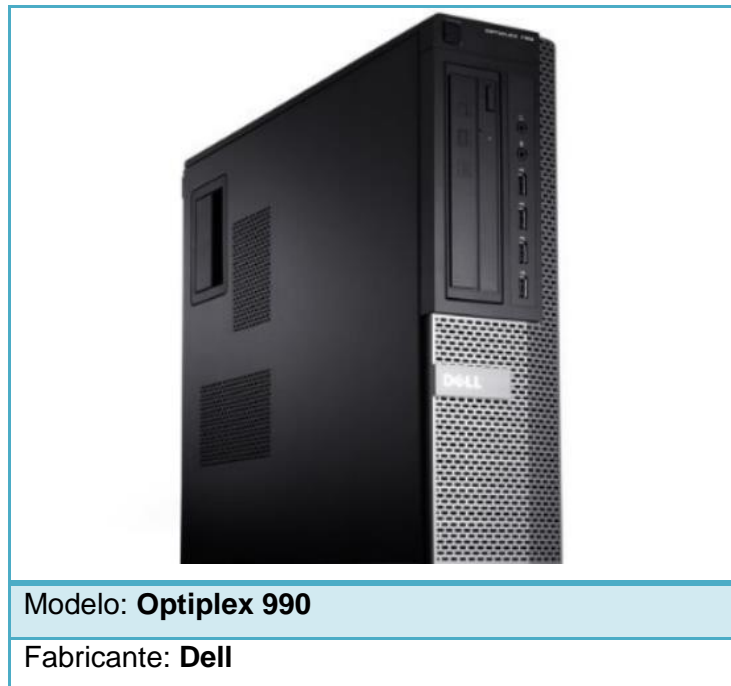
Precio: \$ 237.000 COP

4.2.3 Unidad central. Para la selección de este elemento es necesario contar con los requerimientos de Software, ya que esta es la que va a permitir al software analizar y ejecutar los servicios que el software pueda ofrecer. Algunos de los requerimientos que este software necesita son:

- ✓ Procesador de 3.5 GHz
- ✓ Memoria RAM de 2 GB
- ✓ Sistema operativo
- ✓ En cuanto a capacidad es recomendable un mínimo de 250 GB

Teniendo en cuenta estos requerimientos se muestra como alternativa un servidor de marca DELL, modelo Optiplex 990 el cual tiene las siguientes características:

Tabla 58. Unidad central



Procesador: Intel® Core™ i5 (2500)
Sistema operativo: Windows® 7 Professional, Español
Disco duro: 1000 GB
Precio: COP 2.199.004


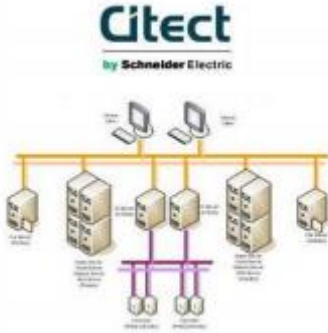

4.2.4 Software de SCADA. Para la selección de software SCADA, hay que tener precaución puesto que es la parte más importante, si se le puede decir el “alma” ya que de él dependen el monitoreo y la supervisión de las variables. Existe un sinnúmero de software SCADA, los cuales ofrecen similares prestaciones pero se debe optar por el que se acomode a los requerimientos del cliente. Debido que el sistema se va a centralizar en la DMT se establecieron los siguientes requisitos para los sistemas de A.A a supervisar mencionados anteriormente en el capítulo 2:

- ✓ **Compatibilidad con los equipos seleccionados:** en base a los equipos seleccionados anteriormente, éste debe poseer comunicación por MODBUS TCP.
- ✓ **Prestaciones ofrecidas:** el software debe presentar registro histórico de datos, presentación y configuraciones de informes, gestión de alarmas y acceso mediante navegador web.
- ✓ **Número de variables.**
- ✓ **Escalabilidad:** el software debe permitir la elaboración de futuras expansiones, es decir, otros sistemas de A.A por la proyección de modernización de la infraestructura de la universidad en su visión por parte de la DMT.

Basándonos en las características se optó por tres alternativas de software SCADA diseñados por fabricantes reconocidos, los cuales se acoplaron a los requerimientos expuestos. Las alternativas de software SCADA son Wonderware

Intouch, Citect SCADA y Melsoft cuyas especificaciones se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 59. Alternativas de software SCADA

		
Software: Intouch V10.1	Software: Citect SCADA V7.2	Software: WinTR SCADA Systems
Fabricante: Wonderware	Fabricante: Schneider	Fabricante: Fultek
Tipo de plataforma: Abierta	Tipo de plataforma: Propia	Tipo de plataforma: Propia
Numero de TAGS: 500	Numero de TAGS: 500	Numero de TAGS: 512
Escalabilidad: Alta	Escalabilidad: Alta	Escalabilidad: Alta
Contiene:	Contiene:	Contiene:
Historian Standart V10.0	Citect Runtime	Ilimitada flexibilidad con Visual Basic y C. versión 5.0.0 Ultimate
Info Server V4.0	Citect Historian	
Precio: \$23.538 USD	Precio: \$ 5.500 USD	Precio: \$ 1.368 USD

- **Citect SCADA V7.2:** Vijeo Citect de Schneider Electric es el componente de monitoreo operativo y de PlantStruxure (Soluciones de Automatización Industrial de Schneider Electric). Con sus capacidades de visualización de gran alcance y las características operativas, ofrece conocimientos accionables más rápido, ayudando a aumentar la eficacia al permitir respuestas más oportunas a las perturbaciones del proceso.

Vijeo Citect está diseñado para integradores de sistemas que buscan SCADA potente y flexible totalmente integrado con los equipos de Schneider. Sincronizado Unity PLC con el fin de proporcionar una visión de objetos coherente del sistema.

Tanto la centralización y la localización se reconcilian a través de la agrupación. El costo de las salas de control, así como la mano de obra están optimizados sin comprometer la proximidad al proceso funcional del sistema.

Figura 102. Presentación interfaz gráfica



Figura 103. Esquema general interfaz usuario

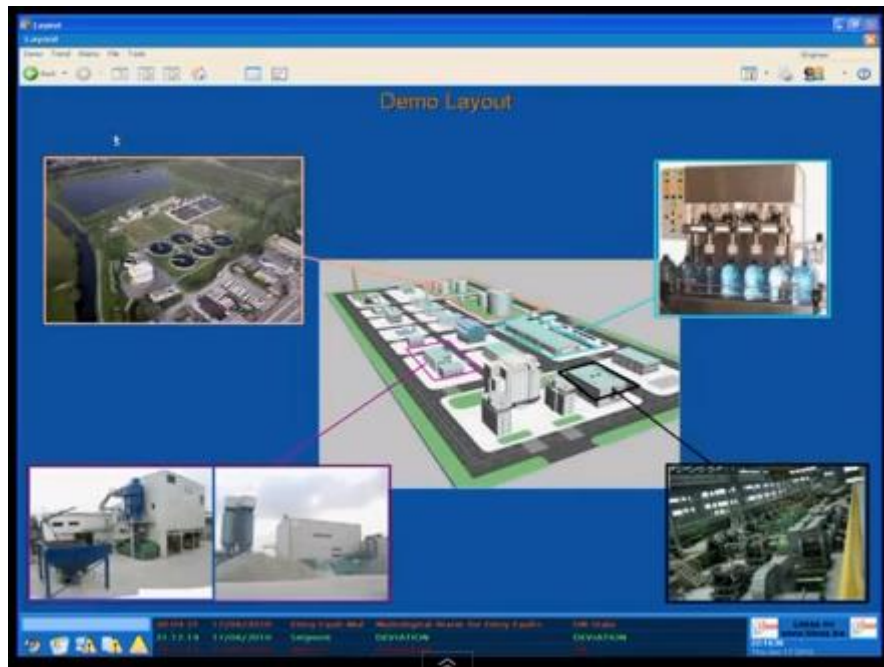
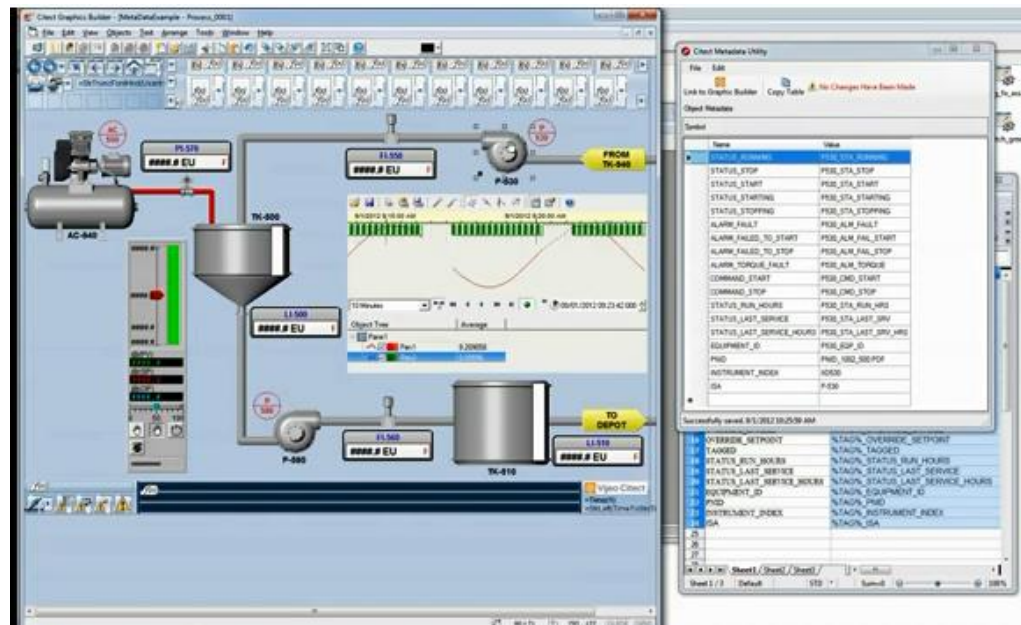


Figura 104. Ejemplo de manejo de los sistemas



4.3 FASES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA

En nuestro caso la implementación se dará en cuatro fases principales, que se llevarán a cabo al momento de la compra y adquisición de los equipos, previamente aprobados por la División de Mantenimiento Tecnológico y el BPPUIS. A continuación se describirá cada una de estas fases.

4.3.1 Ingeniería de detalle. Se le encarga a esta fase, es el estudio, la ubicación, instalación y definiendo los puntos necesarios para el montaje, a su vez realizar levantamiento de planos. La duración de esta fase sería de seis días ordinarios y quién la ejecutaría sería un ingeniero electrónico o ingeniero electricista, se estima poco debido al poco número de elementos a instalar. Después de todo este proceso de ingeniería de detalle se dará como resultado:

- ✓ Planos de conexiones de todos los dispositivos.
- ✓ Planos de instalación.
- ✓ Cantidades de obra (en este caso: tubería, cable y demás accesorios)

4.3.2 Instalación de los dispositivos. Realizando una secuencia en las fases, la instalación de los dispositivos se hará posteriormente a la ingeniería de detalle. En esta fase, como su nombre lo indica, se instalará los equipos y/o dispositivos del sistema SCADA (instrumentación de campo, PLC y unidad maestra), cabe resaltar que esta fase debe cumplir con los lineamientos que requiere la fase anterior. Esta fase se desarrollará alrededor de 6 días ordinarios mediante un ingeniero electrónico o electricista y un técnico electricista o electrónico.

4.3.3 Configuración de las unidades remotas y el software SCADA. Es de vital importancia en la implementación del sistema SCADA la configuración de las unidades remotas y el software del SCADA. Para nuestro caso es necesario, para el obvio funcionamiento, configurar y programar dos PLC, que serán nuestras unidades remotas. Esta fase deberá satisfacer los requerimientos propuestos del capítulo anterior. La configuración y programación de los PLC se llevaría a cabo por un ingeniero electrónico en un tiempo de cinco días ordinarios. Asimismo para el software pero de acuerdo a la disposiciones de la División de Mantenimiento Tecnológico y Planta Física. El tiempo estimado para la configuración del PLC será de siete días ordinarios.

4.3.4 Capacitación del personal. Habiéndose cumplido las tres fases anteriores, montaje, instalación y puesta en marcha; posteriormente se deberán capacitar al personal para su uso y mantenimiento de todos los dispositivos del sistema, y a su vez el control y acceso de los usuarios al runtime de software SCADA. La capacitación al personal se estipula para dos días hábiles.

4.4 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En esta parte del capítulo se presentará un presupuesto de la implementación del sistema SCADA, adicionando el costo de los equipos y el de mano de obra. Este presupuesto es importante para la incluirlo en el Banco de Programas y Proyectos de Inversión de la UIS.

En este presupuesto se estipulará la cantidad de los equipos y/o dispositivos con sus respectivos precios y características. Los precios se darán en pesos colombianos (COP).

Tabla 60. Presupuesto de instrumentación

ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Transmisor de humedad relativa y temperatura	Código: A6041936 Fabricante: Veto Aplicación: Interior/Exterior Precisión Humedad: ± 2 Rango de temperatura de trabajo: -20 a 80°C Precisión Temperatura: ± 0.3	2	193.848	387.696
2	Termocuplas	Tipo K Modelo: TCP109K Rango: 0°C-800°C Sensibilidad 41 μ V/°C	4	16.000	64.000
3	Sensor de flujo de aire	Modelo: FM-1000C-02 Fabricante: Ameritrol Inc. Tiempo de respuesta: 3 seg.	6	558.000	3'348.000
4	Medidor de variables eléctricas	Serie: PM-2133 Fabricante: Logicbus Comunicación RS-485 Máx. corriente: 300 A 1 Fase 4 canales	2	687.000	1'374.000
5	Sensores de CO ₂	Modelo: LBTG469- X 1 8 2 – Y02/05 E –T05 Fabricante: Logicbus Comunicación: Modbus RS485	6	680.400	4'082.400
6	Cableado	Cableado instrumentación de campo (Valor tentativo) AWG 4x2x22 Instrument.	60 mts	7.000	420.000

7	Cableado de comunicaciones	RS 485 Belden 120 Ω (valor tentativo)	20 mts	7.500	150.000
8	Cable Potencia AC y DC	AWG 2x2x12 (Valor tentativo)	40	2.500	100.000
TOTAL					\$ 9'926.096 COP

Tabla 61. Presupuesto de unidades remotas

ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PLC	Referencia: TWDLCDE40DRF Fabricante: Schneider Electric Alimentación: 24 VDC Entradas Digitales: 24 Entradas Análogas: 2 Salidas digitales: 14 relé + 2 transistor PNP	2	2'896.000	5'792.000
2	Expansiones	Expansiones Entradas/Salidas analógicas TM2AM18HT 0 a 10V – 4 a 20 mA	4	930.000	3'720.000
3	Expansión	Módulo de comunicación RS485 TWDNOZ485D miniDIN	2	237.000	474.000
4	Fuente	PM 1207 120/230 VAC, salida 24 VDC, 2.5 A Marca: SIEMENS	2	390.000	780.000
5	Gabinetes y accesorios	Estante tipo riel, portacables	2	250.000	500.000
6	UPS	APC Br1000g 600Watts/1 KVA,	2	400.000	800.000

		entrada de 120 V Y batería de protección			
7	Relé de estado sólido	Relé monofásico AC y conmutación paso por cero RS1A0P280AC480100Z con Disipador RSH-063	24	152.000	3'648.000
TOTAL					\$ 15'714.000 COP

Tabla 62. Presupuesto Unidad Central y Software SCADA

ITEM	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Software SCADA	Citect SCADA V7.2	1	10'060.000	10'060.000
2	Workstation	Dell OptiPlex 990 Intel® Core™ i5 (2500) DD 1 TB	1	2.199.004	2'199.004
3	Impresora	EPSON WORFORCE WF 2532	1	232.200	232.200
4	UPS	APC Br1000g 600Watts/1 KVA, entrada de 120 V Y batería de protección	1	400.000	400.000
TOTAL					\$ 12'891.204 COP

Tabla 63. Presupuesto costo de obra de la propuesta

ITEM	ELEMENTO	RECURSO HUMANO	TIEMPO (DÍAS)	COSTO
1	Ingeniería de detalle	1 Ingeniero Electrónico 1 Ingeniero Electricista	6	\$ 4'000.000

2	Instalación de instrumentación y PLC	1 Ingeniero Electrónico 1 Técnico instrumentista	6	\$ 2'000.000
3	Configuración y programación de los PLC	1 Ingeniero Electrónico	5	\$ 1'500.000
4	Programación software SCADA	1 Ingeniero Electrónico	7	\$ 2'500.000
TOTAL				\$ 10'000.000 COP

Tabla 64. Costos totales

ITEM	COSTO
PRESUPUESTO DE INSTRUMENTACIÓN	\$ 9'926.096
PRESUPUESTO DE UNIDADES REMOTAS	\$ 15'714.000
PRESUPUESTO UNIDAD CENTRAL Y SOFTWARE SCADA	\$ 12'891.204
PRESUPUESTO COSTO DE OBRA DE LA PROPUESTA	\$ 10'000.000
SUBTOTAL	\$ 48'531.230
A.I.U 20% (ADMINISTRACIÓN 10%, IMPREVISTOS 5%, UTILIDAD 5%)	\$9'706.246
IVA 16%	\$ 7'765.000
TOTAL	\$ 66'002.476 COP

Se espera que los costos sean asumidos por la universidad a través del banco de programas y proyectos de inversión de la misma. Para formular el proyecto se deben seguir unos requerimientos establecido por el BPPIUIS.

4.5 FORMULACIÓN DE PROYECTOS PARA EL BPPIUIS

EL BPPIUIS es un organismo de la UIS que funciona para la inversión en proyectos de tipo institucional y académicos, los cuales por su alto costo no pueden ser realizados directamente por los departamentos de la universidad. Este organismo hace parte de la división de Planeación de la UIS.

Para llevar a cabo el ingreso de un proyecto al BPPIUIS, como es el caso de nuestra propuesta de diseño del sistema SCADA, se debe cumplir con un proceso o etapas con el objetivo de comprender el respectivo ingreso del mismo.

Tabla 65. Proceso de un proyecto en el BPPIUIS

Etapa	Actividades
1. Formulación del Proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Identificar las necesidades de inversión de las U.A.A (Unidades Académico Administrativas)• Elaborar las propuestas para dar respuesta a las necesidades identificadas.• Buscar información sobre proyectos relacionados o similares dentro de la U.A.A. o de otras U.A.A. con el fin de evitar duplicidad de esfuerzos o de utilización de recursos.• Elaborar y estructurar la propuesta con base en los conceptos de formulación de proyectos de inversión.• Diligenciar los formatos correspondientes a la metodología escogida según el proyecto. (Tipo A, Menor).• Evaluar y aprobar el proyecto según los requerimientos de la U.A.A.
2. Radicación del Proyecto	<ul style="list-style-type: none">• Entregar oficialmente en la Oficina de Planeación el documento (impreso y en versión digital) del proyecto con la documentación requerida.• Revisar el documento entregado y dar visto bueno para la radicación del proyecto según los requerimientos establecidos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Retroalimentar al Director del Proyecto. • Complementar la documentación y enviarla a la Oficina de Planeación. • Incluir el Proyecto en el Sistema del BPPIUIS una vez recibido el visto bueno de la Oficina de Planeación.
<p>3. Viabilidad del proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar posibles evaluadores interno y externo del proyecto. • Asignar evaluadores y enviar la documentación requerida para emitir concepto de viabilidad. • Analizar la documentación del proyecto y emitir concepto de viabilidad. • Retroalimentar al Director del Proyecto sobre los resultados de las evaluaciones interna y externa. • Dar respuesta a las observaciones realizadas por los evaluadores en caso de que el concepto para el proyecto sea de "sujeto a modificaciones" o "no viable".
<p>4. Elegibilidad del proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los proyectos viabilizados que serán sometidos al proceso de elegibilidad según los criterios de priorización establecidos. • Aprobar la elegibilidad de los proyectos debidamente viabilizados, según criterios de priorización establecidos. • Retroalimentar a los Directores de los Proyectos los resultados del Proceso de Elegibilidad.
<p>5. Aprobación financiera del Proyecto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Emitir certificación de disponibilidad presupuestal para dar aprobación financiera a los proyectos de inversión de las U.A.A. • Aprobar y dar visto bueno de los resultados del Proceso de Priorización de los proyectos para la fase de Inversión respectiva. • Asignar recursos para la ejecución de los proyectos según disponibilidad presupuestal de la Universidad. • Retroalimentar a los Directores de los Proyectos los resultados de la aprobación y visto bueno del Proceso de Priorización y asignación de recursos.

Tomado de: OFICINA DE PLANEACION BANCO DE PROGRAMAS Y PROYECTOS DE INVERSIÓN – BPPIUIS.

Los proyectos eran clasificados según su monto de inversión en A, B, y C; en donde los de tipo A presentaban montos superiores a 180 SMLV. Actualmente los proyectos tipo A son los existentes y no presentan limitaciones en las inversiones. Se deben diligenciar 21 formatos para la formulación de los proyectos, donde la información contenida corresponde a la información del problema, la solución planteada, presupuesto y efectos del proyecto.

De acuerdo a la información en los capítulos anteriores de este trabajo de grado, se diligenció estos formatos debidamente y mostrados en el Anexo A.

Esta formulación de proyectos según el BPPIUIS, está dividido en tres módulos y se describirán a continuación:

4.6 MÓDULO 1: IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En este módulo se identifica y describe el proyecto que se desea realizar. El problema se relaciona con la falta de bienes y/o servicios, el suministro inadecuado de estos bienes, su mala calidad, o la necesidad de mantener por un periodo adicional de tiempo la oferta actual.

Los formatos que conforman este módulo, tienen una secuencia lógica que permitirá describir y concretar el problema que se requiere solucionar, estudiar las principales variables de oferta y demanda, y generar a partir de esto las posibles soluciones al problema planteado. Este módulo consta de nueve formatos seguidamente a mencionar:

- **FORMATO ID 01: DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD}**
- **FORMATO ID 02: OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- **FORMATO ID 03:** POBLACIÓN Y ZONA AFECTADA, Y POBLACIÓN OBJETIVO DEL PROYECTO.
- **FORMATO ID 04:** DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y SU EVOLUCIÓN.
- **FORMATO ID 05:** DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD O PROBLEMA.
- **FORMATO ID 06:** CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA Y OFERTA DEL BIEN Y/O SERVICIO, Y DETERMINACIÓN DEL DÉFICIT.
- **FORMATO ID 07:** PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO.
- **FORMATO ID 08:** DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.
- **FORMATO ID 09:** CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

La información a proporcionar en estos formatos debe estar estructurada correctamente.

4.7 MÓDULO 2: PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este módulo se estudian las alternativas propuestas, se realiza el análisis sus costos, y se selecciona la alternativa más apropiada para realizar el proyecto. También lo conforman nueve formatos descritos de la siguiente manera:

- **FORMATO PE 01:** DESCRIPCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DEL PROYECTO.
- **FORMATO PE 02:** PRESUPUESTO DE OBRA DEL PROYECTO.
- **FORMATO PE 03*:** COSTOS DE INVERSIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.
- **FORMATO PE 04*:** COSTOS DE OPERACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.
- **FORMATO PE 05:** CAPACIDAD INSTALADA.
- **FORMATO PE 06*:** RESUMEN DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA.
- **FORMATO PE 07:** EFECTO AMBIENTAL.

- **FORMATO PE 08***: SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DEL MÍNIMO COSTO.
- **FORMATO PE 09**: MARCO INSTITUCIONAL.

*Generado por sistema.

En nuestro caso del sistema SCADA, se incluyó una sola alternativa con el presupuesto mencionado anteriormente.

4.8 MÓDULO 3: FINANCIAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

En este módulo se describen y valoran globalmente las fuentes de financiamiento definidas para la alternativa escogida en el proyecto, y se señalan los aspectos determinantes para la sostenibilidad del mismo.

Los formatos que conforman este módulo permiten valorar y determinar la forma en que serán utilizados los aportes de las fuentes de financiación para la inversión en el proyecto. Se generan tres formatos descritos a continuación:

- **FORMATO FS 01**: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL PROYECTO.
- **FORMATO FS 02**: FUENTE DE FINANCIACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO.
- **FORMATO FS 03**: SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO.

4.9 NOMBRE DEL PROYECTO

La selección del nombre más adecuado para el proyecto se hace luego de haber identificado el problema, así como preparado y evaluado las alternativas de

solución, y seleccionado la alternativa más apropiada. El nombre asignado al proyecto debe ser preciso, es decir, identificar el proyecto en forma inequívoca.

Valiéndonos de estos requisitos, este trabajo de grado hace parte de un conjunto de proyectos para el mejoramiento de la infraestructura de la universidad y modernización de la misma dentro de su visión. Además al darle cumplimiento al proyecto *“Análisis de consumo energético de los sistemas de aire acondicionado centrales en la sede principal mediante la implementación de programas de uso eficiente y ahorro de energía en la UIS y presentación del proyecto ante el BPPIUIS”* proyecto 2330 dentro del programa de Mejora de la Infraestructura Tecnológica de la UIS, a cargo de la DMT.

Bajo las premisas anteriores, el nombre considerado para el proyecto es ***“Implementación de un sistemas SCADA para la automatización y monitoreo de los sistemas de aire acondicionado para los auditorios Fundadores Y Luis A. calvo de la Universidad industrial de Santander”***

5 CONCLUSIONES

- Se diseñó una propuesta para la implementación de un sistema SCADA para el monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A. Calvo y Fundadores, cumpliendo con las disposiciones y requerimientos de la División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS. Enfocándose a la prevención y predicción de fallas de estos sistemas. Esta propuesta presenta una oferta económica favorable con un costo de \$ 66'002.476 COP, sin comprometer el funcionamiento y la confiabilidad de los sistemas.
- Con la implementación del sistema SCADA la DMT tendrá la posibilidad de visualizar y registrar las variables del proceso desde sus oficinas, restándole la necesidad de desplazar personal hasta dichos auditorios.
- Se efectuó la descripción completa de los componentes existentes en cada uno de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A. Calvo y Fundadores, además se anexaron los planos concernientes al control y potencia así como también la conexión de los elementos de control y sensado al PLC, esto con el fin de facilitar las labores de la DMT en materia de ubicación, diagnóstico y prevención.
- Se logró seleccionar cada uno de los elementos del sistema SCADA, estos equipos lo conforman la instrumentación de campo, RTU, Switch, MTU y software SCADA, estableciendo así la infraestructura, pero además se eligieron los protocolos de comunicación de cada uno de los elementos dentro la estructura del sistema SCADA.

- El uso de PLC es recomendable como RTU por el ofrecimiento de las mismas ventajas de la lógica cableada, sus modificaciones se pueden realizar sin necesidad de cambiar cableado simplemente realizando cambios en su programación, se adapta a aplicaciones múltiples como las de control y monitoreo gracias a la posesión de contactores rápidos, módulos de comunicación y convertidores. Estas condiciones hacen del PLC un dispositivo muy versátil a la hora de hablar de automatización.

- Con el uso de un analizador de calidad de energía (Anexo B), se realizó la medición de las diferentes variables eléctricas, se logra concluir que los equipos trabajan cerca a sus valores de referencia o nominales, y de acuerdo a esto dentro de las mediciones no hubo perturbación de la red de suministro puesto que no presenta alteraciones considerables que consecuentemente averíen un equipo.

- Se diligenció los formatos ID y PE estipulados del BPPIUIS de los proyectos tipo A, donde se describe las características del proyecto, asimismo el presupuesto de la implementación con el fin de radicarlo en la oficina de Planeación de la universidad.

6 RECOMENDACIONES

- A pesar de los beneficios derivados del desarrollo de esta tecnología, el progresivo aumento de la conectividad y la ampliación del uso de la Internet los ha expuesto a nuevas amenazas para las que no están preparados (ej. virus). Al aumentar las redes de SCADA y su conectividad entre las mismas, los riesgos de amenazas en la red para los sistemas de SCADA continúan intensificándose para que obviamente exista protección en estos sistemas que brindan una oportunidad de visualizar sus procesos.
- Dentro de la visión de la Universidad Industrial de Santander se estipula la modernización de su infraestructura y tecnología. Es por esto que debería implementarse esta propuesta de sistema SCADA ya que es una tecnología nueva que le brindaría a la DMT una herramienta para la detección de posibles fallas en los sistemas AA anteriormente mencionados, por lo tanto llevarlo a cabo, ayudaría a consolidar la modernización y asimismo aplicarlo a otros sistemas de aire acondicionado para futuras remodelaciones y/o construcciones en donde la instalación de estos sistemas sea primordial.
- Gracias a la inspección realizada a los equipos principales de los sistemas de acondicionamiento de aire los cuales comprenden el soplador de la unidad manejadora y los compresores la unidad condensadora, se observó que su estado actual presenta un desgaste acumulado de sus partes y han superado sus horas de servicio, se recomienda la renovación de esos equipos para evitar graves fallas que puedan generar paradas al sistema.

7 BIBLIOGRAFÍA

BAILEY, David y WRIGHT, Edwin. Practical SCADA for Industry. Oxford: Newnes, 2003. Pág. 288. ISBN 07506 – 58053.

BOYER, Stuart A. SCADA SUPERVISORY CONTROL AND CONTROL SYSTEMS. ISA. 4ta Edición. 2010.

CASTILLO, Johan Arturo. Propuesta de implementación de un sistema SCADA en las plantas eléctricas de emergencia ubicadas en los edificios de CENTIC, Ciencias Humanas y Administración de la UIS. Trabajo de grado, Ingeniero Electricista. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2010.

MARADAY CHARRIS, Juan Francisco. Termodinámica Aplicada. Ediciones Universidad Industrial de Santander. 2002. Pág. 157 – 173.

MIRANDA, Ángel L. Técnicas de climatización. ALFAOMEGA y MARCOMBO S. A., 2007.

MUNDO HVAC&R. Refrigerantes: Aprovechamiento, Tendencias y Nuevas Tecnologías. (ON LINE) {México, México D.F.} MUNDO HVAC&R, Sep, 2010. {Citado 27 Nov., 2010} disponible en Internet: <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2010/09/refrigerantes-aprovechamiento-tendencias-y-nuevas-tecnologias-2/>

RODRIGUEZ PENIN, Aquilino. Sistemas SCADA. MARCOMBO, 2006. Pág. 36 – 43.

TORRADO, Luis y VANEGAS, Ricardo. Actualización de los planos eléctricos correspondientes a los aires acondicionados centrales de gran potencia de la Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado, Ingenieros Electricistas Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisico-Mecánicas, 2011.

ENLACES DE INTERES

<http://es.scribd.com/doc/70180027/CLIMATIZACION>

<http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>

http://www.tecnicsuport.com/index.php?pagina=http://www.tecnicsuport.com/clima/taulesconsulta/acondicionadores_autonomos_compactos/Condesnsador_por_agua/condensador_por_agua.htm

<http://www.monografias.com/trabajos63/compresores-embolo-piston/compresores-embolo-piston2.shtml>

http://infosys.beckhoff.com/index_es.htm

http://www.tarconis.com/documentos/3COM_4500ds.pdf

<http://brodersenssystems.com/products/plcrtuseries/rtu32s/>

<http://www.digitron-italia.com/en/applicazioni-industriali/hlx-e-32.html>

<http://www.fultek.com.tr/en/scada/>


















<http://informatica.iescuravalera.es/iflica/gtfinal/libro/c224.html>

http://www.energylab.es/fotos/081105155611_5gf9.pdf

ANEXOS

ANEXO A. SIMBOLOGIA DE LOS PLANOS ELECTRICOS Y DE LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES













SIMBOLOGÍA DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS

	Pulsador NC
	Pulsador NO
	Presostato, Contacto NA
	Presostato, Contacto NC
	Interruptor por temperatura NO
	Interruptor por temperatura NC
	Interruptor de Palanca NO
	Interruptor de Palanca NC
	Interruptor accionado por llave
	Voltmeter
	Ampermeter
	Resistencia Fija
	Valvula Solenoide
	Conexión entre conductores
	No conexión entre conductores
	Masa
	Capacitor
#	Rotulación del conductor
⊕	Rotulación del terminal del elemento
	Control de presión de aceite
	Protección térmica interna del compresor

SIMBOLOGÍA DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS

	Fusible
	Transformador
	Relé de sobrecarga
	Disyuntor termico monofasico
	Disyuntor Monofasico
	Disyuntor trifasico
	Disyuntor termico tripolar
	Contactos trifasico con protección contra sobrecarga
	Bobina de relé o contactor
	Contacto NO de relé o contactor
	Contacto NC de relé o contactor
	Temporizador NO
	Temporizador NC
	Motor Trifasico
	Luz Piloto Roja
	Luz Piloto Verde
	Luz Piloto Amarilla
	Control de temperatura por presion en el compresor

SIMBOLOGIA DE LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES

	Terminales de conexion
	Ducto lateral
	Terminales de bobina
	Terminales del bimetálico de un rele de sobrecarga
	Bornera de conexiones
LV	Lado de baja del transformador
HV	Lado de alta del transformador
	Conductor a tierra
	Contacto normalmente cerrado
	Contacto normalmente abierto
	Contacto normalmente abierto y normalmente cerrado con terminal comun
	Ducto frontal
	Numeracion de conductor
	Numeracion de terminal de un elemento

ANEXO B. FORMATO DILIGENCIADOS DEL BPPUIS

FORMATO ID-01: DESCRIPCION DEL PROBLEMA O NECESIDAD

Nombre del proyecto: *Implementación de un sistema Scada para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Los auditorios Luis A Calvo y Fundadores son dos de los auditorios más representativos para la universidad, es por esto que mantenerlos en óptimas condiciones de funcionamiento es vital, porque es aquí donde se realizan eventos de la universidad así como de otras institucionales que requieren de un lugar amplio y cómodo para llevar a cabo congresos, obras de teatro, recitales musicales, grados y muchas otras actividades. Otro aspecto a tener en cuenta es el requerimiento de energía elevado de estos sistemas, estos consumos representan cerca 40% del total de un edificio.

Para lograr un uso racional de energía y los sistemas en buen funcionamiento se requiere de un sistema Scada el cual permite monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de dichos auditorios, este sistema se centrara en la División de Mantenimiento Tecnológico, desde allí se podrá tener acceso a toda la información que podrá servir para conocer las condiciones de funcionamiento de cada uno de los sistemas, también servirá para poder detectar posibles fallas, y generar reportes de trabajo histórico de los equipos. Con la implementación de dicho sistema se lograra tener bajo control todos los equipos y de esta forma evitar el consumo excesivo de energía por posibles anomalías en el funcionamiento.

FORMATO ID-02: OBJETIVOS DEL PROYECTO

Nombre del proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un sistema de monitoreo y automatización de los aires acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.

OBJETIVO ESPECIFICO:

Implementar un Sistema Scada para poder monitorear y automatizar el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado.

Establecer como sitio de control la División de Mantenimiento Tecnológico.

**FORMATO ID-03: POBLACION AFECTADA Y/O ZONA AFECTADA Y
POBLACION DEL OBJETIVO DEL PROYECTO**

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Este proyecto está enfocado principalmente a monitorear y controlar los sistemas de aire acondicionado de diferentes edificios, que involucra a estudiantes, profesores, escuelas, entidades administrativas de la Universidad así como de otras instituciones que necesiten este tipo de recintos para llevar a cabo sus actividades.

Las zonas a las cuales va dirigido este proyecto, corresponde a zonas ubicada en el campus central y la otra en la facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander.

- Auditorio Luis A Calvo
- Auditorio Fundadores

FORMATO ID-04: DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL Y SU EVOLUCION

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Actualmente estos aires acondicionados no cuentan con un sistema de monitoreo lo que hace al sistema susceptible a fallar en cualquier momento y optar por recurrir a mantenimientos correctivos, que ocasiona paradas al sistema.

A causa de no haber un sistema de monitoreo estos sistemas han presentado algunas fallas, lo que ha ocasionado que estos no funcionen en el momento en que se requieren, ocasionando incomodidad a las personas que disfrutan los eventos que allí se presentan.

FORMATO ID-05: DESCRIPCION Y CUANTIFICACION DEL PROBLEMA

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

La División de Mantenimiento Tecnológico es la encargada de hacer la tarea de revisión de estado de funcionamiento de los equipos, evaluando condiciones de operación y estado general de cada uno de los equipos para los diferentes sistemas de aire acondicionado, sim embargo esta revisión resulta ser dispendiosa ya que hay muchos equipos instalados y a esto se le suma la complejidad de algunos de ellos, además otro aspecto en la evaluación del funcionamiento es que algunas variables, hace necesario registrar esos datos cuando los sistemas de aire acondicionado se encuentran en funcionamiento, por esto se requiere que estas variables sean registradas y puedan ser visualizadas para así mejorar la confiabilidad de dichos sistemas.

FORMATO ID-07: PRINCIPALES ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

ALTERNATIVA No 1:

Nombre: Adquisición de equipos y adecuación de infraestructura para la puesta en marcha de un sistema Scada para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la Universidad Industrial de Santander.

FORMATO ID-08: DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Nombre de la alternativa:

Adquisición de equipos y adecuación de infraestructura para la puesta en marcha de un sistema Scada para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la Universidad Industrial de Santander.

Descripción de la alternativa:

Esta alternativa consiste básicamente de la implementación de un Sistema para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la Universidad Industrial de Santander, este va a permitir monitorear, visualizar y registrar las principales variables de funcionamiento.

Para la implementación de este sistema de monitoreo y control, inicialmente se debe adquirir varios equipos electrónicos que van a permitir sensar, registrar y controlar las variables más importantes, el ON/OFF de los sistemas, temperatura y presiones de la unidad condensadora, flujo de aire al recinto, etc.

Gracias al sistema Scada se podrá tener un registro histórico de las variables mencionadas y que posteriormente van a servir para detectar posibles fallos en el sistema, brindando así un mecanismo seguro y óptimo para el diagnóstico y prevención de fallas.

Las prestaciones que este sistema Scada va a permitir dentro de su estructura serán las siguientes:

SUPERVISION REMOTA: Va a permitir al operador y/o encargado de

funcionamiento, conocer el estado y desempeño de funcionamiento desde una estación central. Esta prestación va a hacer muy funcional en procesos distribuidos en diferentes locaciones, ya que va a permitir centralizar las operaciones de monitoreo y mantenimiento en solo punto.

CONTROL REMOTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS: Mediante la implementación de este sistema, se puede tener acciones de control de forma remota, esta acción de control se puede definir como manual o automática, además permitirá asignar referencias de control, cambiar parámetros.

VISUALIZACIÓN DINÁMICA: el sistema va a permitir una representación dinámica de manera que se pueda interpretar el proceso, logrando que el operador desarrolle muy la función de observar, además mostrara curvas de desempeño si así lo requiere el operador de manera que se visualizar mejor los datos.

REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS: El software va a generar reportes con datos estadísticos del proceso en el tiempo que el operador crea conveniente.

REPRESENTACIÓN DE SEÑALES DE ALARMA: El software informara de cualquier anomalía en el funcionamiento por medio de una señal de alarma, esta señal puede ser visible y sonora.

FORMATO ID-09: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES				
Nombre del Proyecto: <i>Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.</i>				
No.	ETAPA	DURACION ESTIMADA	DURACION REAL	DIFERENCIA
1.	PRE INVERSIÓN			
1.1	Formulación	8		
1.2	Identificación del problema	4		
1.3	Identificación de objetivos	3		
1.4	Identificación de alternativas de solución	6		
1.5	Preparación de las alternativas	6	6	
1.6	Viabilización	6	6	
1.7	Elegibilidad	4	4	
2.	INVERSION			
2.1	Diseños definitivos	5	5	
2.2	Preparación de documentos para contratación	8	8	
2.3	Licitación (Si Aplica)	40	40	
2.4	Ejecución	4	4	
3.	OPERACION			
3.1	Evaluación Expost			
3.2	Administración del proyecto			
3.3	Seguimiento			

FORMATO PE-02: PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Sección A: Inversión

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Alternativa:

Adquisición de equipos y adecuación de infraestructura para la puesta en marcha de un sistema Scada para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la Universidad Industrial de Santander.

COMPONENTE		Adquisición de bienes muebles				
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Instrumentación de Campo	Transmisor de humedad relativa y temperatura	Equipo	2	194	388	
	Termocuplas tipo K	Equipo	4	16	64	
	Sensor de flujo	Equipo	6	558	3348	

	de aire					
	Medidor de variables eléctricas	Equipo	2	687	1374	
	Sensores de CO ₂	Equipo	6	680	4083	
	Cableado de instrumentación	Equipo	60 m	7	420	
	Cableado de comunicación	Equipo	20 m	7.5	150	
	Cable de potencia AC y DC	Equipo	40 m	2.5	100	
Unidades Remotas	PLC	Equipo	2	2896	5792	
	Fuente	Equipo	2	390	780	
	Expansiones	Equipo	4	930	3720	
	Relé estado sólido	Equipo	24	152	3648	
	Gabinetes y accesorios	Equipo	2	250	500	
	UPS	Equipo	2	400	800	
Unidad Master	Unidad Central	Equipo	1	2200	2200	

Software Scada	Software	Equipo	1	10060	10060	
Impresora	Impresora	Equipo	1	232	232	
UPS	UPS	Equipo	1	400	400	
Total inversión en equipos inmuebles					38059	

COMPONENTE		Mano de Obra calificada				
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD (miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Profesional	Ingeniería de detalle	Día	6	667	4000	
Profesional	Instalación RTU's, instrumentación de campo	Día	6	333	2000	
Profesional	Configuración y programación de RTU	Día	5	300	1500	

Profesional	Programación software Scada	Día	7	357	2500	
Total inversión en mano de Obra calificada					10000	
TOTAL						
A.I.U (20%)					9611.8	
IVA (16%)					7689.44	
TOTAL INVERSION					65360.24	

FORMATO PE-02: PRESUPUESTO OBRA DEL PROYECTO

Sección B: Operación

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Alternativa:

Adquisición de equipos y adecuación de infraestructura para la puesta en marcha de un sistema Scada para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la Universidad Industrial de Santander.

Componente	Funcionamiento 2013					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones
Operación y Mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	300	900	
Total Costos por Operación					900	
COMPONENTE	Funcionamiento 2014					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	Observaciones

Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	331	993	
Total Costos de operación					993	
COMPONENTE	Funcionamiento 2015					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	338	1164	
Total Costos de operación					1164	
COMPONENTE	Funcionamiento 2016					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	473	1419	
Total Costos de operación					1419	

Componente	Funcionamiento 2017					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	584	1752	
Total Costos de operación					1752	
COMPONENTE	Funcionamiento 2018					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	709	2127	
Total Costos de operación					2127	
COMPONENTE	Funcionamiento 2019					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de	OBSERVACIONES

					pesos)	
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	842	2526	
Total Costos de operación					2526	
COMPONENTE	Funcionamiento 2020					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	976	2928	
Total Costos de operación					2928	
COMPONENTE	Funcionamiento 2021					
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	1110	3330	
Total Costos de operación					3330	

COMPONENTE		Funcionamiento 2022				
CATEGORIA	DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNIDAD(miles de pesos)	VALOR PARCIAL (miles de pesos)	OBSERVACIONES
Operación y mantenimiento	Mantenimiento	Meses	3	1234	3702	
Total Costos de operación					3702	

FORMATO PE-05: CAPACIDAD INSTALADA

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

¿CUÁL ES LA CAPACIDAD INSTALADA EN EL PROYECTO?

UNIDAD DE MEDIDA: Variables registradas y monitoreadas

Observaciones

En la capacidad instalada se miden todas las variables tenidas en cuenta, ya que este va a hacer un sistema de monitoreo para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores, se requiere que las variables intervenidas sean las necesarias para poder cumplir con este objetivo.

Para seleccionar estas variables se tienen en cuenta todos los parámetros que intervienen en cada uno de los equipos y que afectan al sistema, por ejemplo, presiones, temperaturas, corrientes, etc.

FORMATO PE-07: EFECTO AMBIENTAL

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

Alternativa: Adquisición de equipos y adecuación de infraestructura para la puesta en marcha de un sistema Scada para los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores de la Universidad Industrial de Santander.

Con respecto al impacto ambiental, la implementación de este sistema Scada no va a generar ningún tipo de daño al medio ambiente, ya que este no genera emisiones contaminantes, ni ruido excesivo, ni uso de materiales tóxicos.

El único impacto va a hacer positivo, esto porque con la implementación del sistema Scada, se va a generar una reducción en el consumo de energía por parte de los sistemas de aire acondicionado, ya que va existir un control que permita que estos sistemas consuman la energía necesaria que se demande.

FORMATO PE-09: MARCO INSTITUCIONAL

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

La Universidad Industrial de Santander, a través de su plan de Desarrollo Institucional (PDI) 2008-2018, y dentro de su plan estratégico, formula en su dimensión académica una serie de objetivos que se encaminan a la formación de profesionales con altas competencias, ciudadanas, académicas, investigativas, haciendo a estos futuros profesionales conscientes de su responsabilidad con la sociedad,

para lograr esto la Universidad se enfocará en una cultura investigativa. Entre los objetivos que abarca este proyecto están:

OBJETIVO ESTRATEGICO I:

“REALIZAR INVESTIGACIÓN DE ALTA CALIDAD ORIENTADA AL DESARROLLO CIENTÍFICO Y CONDUCENTE A INNOVACIONES TECNOLÓGICAS, SOCIALES, ECONÓMICAS, CULTURALES Y POLÍTICAS PERTINENTES CON EL DESARROLLO DEL PAÍS”.

Este objetivo está encaminado fundamentalmente a integrar la investigación de la Universidad acorde a las necesidades expuestas por las diferentes instituciones, empresas locales y extranjeras para lograr el desarrollo de la región y del país.

OBJETIVO ESTRATEGICO II:

“CONSOLIDAR LA ALTA CALIDAD DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS DE PREGRADO”

Con este objetivo se busca que la Universidad en condiciones de competir

académicamente con las exigencias que el mundo de hoy en día exige, respondiendo con el compromiso del mejoramiento de la estructura física y tecnología en aras de mejorar la calidad de los programas académicos.

OBJETIVO ESTRATEGICO III:

“ORIENTAR LOS PROGRAMAS DE POSGRADOS HACIA LA CONSOLIDACION DE LAS MAESTRIAS Y DOCTORADOS LIGADOS A EJES ESTRATEGICOS DE INVESTIGACION CON PROYECCION INTERNACIONAL”.

Para poder alcanzar este objetivo se plantea lo siguiente:

1. Ampliar la oferta de programas doctorados y maestrías soportados por grupos de investigación consolidados.
2. Consolidar la cooperación con entidades nacionales e internacionales con el fin de fortalecer los programas de pregrado y postgrado y fomentar su internacionalización
3. Consolidar la cultura de gestión de calidad en todos los procesos del modelo educativo.
4. Acreditar y certificar los laboratorios, en el marco de proyección a la sociedad con el ánimo de apoyar la competitividad de la industria regional.
5. Formular y desarrollar una política de becas y otros apoyos e incentivos para estudiantes de postgrado (maestrías y doctorados).
6. Formular y cofinanciar proyectos de investigación en temas estratégicos regionales y nacionales.
7. Desarrollar estrategias de financiación para estudiantes de maestrías de investigación y Doctorados.

OBJETIVO ESTRATEGICO IV:

“CONSOLIDAR LA CAPACIDAD INSTITUCIONAL EN MATERIA DE EXTENSIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL DE ALTA CALIDAD”

Para llevar a cabo este objetivo se plantea:

1. Desarrollar e implementar una estrategia de gestión de la extensión en la Universidad.
2. Fortalecer la extensión teniendo como fundamento la labor docente e investigativa de la institución.
3. Fortalecer los grupos interdisciplinarios con capacidad de articulación interinstitucional e intersectorial.
4. Contribuir a la solución de problemas sociales, económicos y políticos del país y la región.
5. Colaborar con el sector productivo en procesos de desarrollo tecnológico y de innovación.
6. Cooperar con el sector empresarial en aras del mejoramiento de su productividad y competitividad.
7. Diseñar y aplicar procesos estandarizados de evaluación integral de la extensión en la universidad.
8. Crear una cultura institucional que estimule el emprendimiento y la creación de empresas.
9. Fomentar, proteger y comercializar los desarrollos científicos y tecnológicos de la institución.
10. Crear procesos estandarizados de evaluación integral de la extensión de la Universidad.

El sistema Scada va a estar dentro de uno de los objetivos de modernizar la infraestructura tecnológica de la Universidad, puesto que este sistema brindará monitoreo y control a los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.

La implementación de este sistema Scada va encaminada a prestar servicio a la

División de Mantenimiento Tecnológico, además este proyecto solo se necesitaría de una inversión inicial en la adquisición de equipos, posteriormente la DMT contara con personal para operar este sistema.

FORMATO FS-01: FUENTE DE FINANCIACION DE LA INVERSION DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	SALDO	TOTAL
Recursos de inversión						
Internas						
Fondo Común						
Estampilla ProUis	\$63.120.320					\$63.120.320
Recursos de funcionamiento						
TOTAL FINANCIACION INVERSION	\$63.120.320					\$63.120.320

FORMATO FS-02: FUENTE DE FINANCIACION DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionado de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTADO	0	1	2	3	4	5	SALDO	TOTAL
Recursos de inversión				900	993	1164	1429	1752		6228
Internas										
Fondos Especiales										
TOTAL FINANCIACION OPERACION										

FORMATO FS-02: FUENTE DE FINANCIACION DE LA OPERACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Proyecto: *Implementación de un sistema de monitoreo y automatización de los sistemas de aire acondicionad de los auditorios Luis A Calvo y Fundadores.*

AÑOS CALENDARIO	CENTRO DE COSTOS	EJECUTAD O	6	7	8	9	10	SALDO	TOTAL
Recursos de inversión			2127	2526	2928	3330	3702		1463
Internas									
Fondos Especiales									
TOTAL FINANCIACION OPERACION									20841

ANEXO C. ESTUDIO DE CARGAS ELÉCTRICAS

El estudio de cargas eléctricas y potencia instalada es una fuente de información de gran utilidad para empresas consumidoras de energía eléctrica en lo que a seguridad, rendimiento y beneficios se refiere. Gracias al estudio de cargas eléctricas instalada se puede determinar si el sistema de distribución eléctrica de una planta o edificio, en nuestro caso los sistemas de aire acondicionado de gran potencia, puede admitir nuevas cargas, verificar la capacidad del sistema eléctrico y del cableado, distribuir correctamente la carga entre las tres fases, realizar un seguimiento del factor de potencia y calcular el consumo de energía antes y después de las mejoras para justificar de esta forma las medidas adoptadas para el ahorro de energía.

La verificación de los valores nominales de la energía eléctrica consumida en todos los equipos se tomó a través de las conexiones de cada uno de los sistemas, es decir, en la acometida principal (en los tableros de control, interruptores principales).

Por medio de este análisis se estima que la energía eléctrica sea la adecuada para el correcto funcionamiento de los motores eléctricos que se encuentran involucrados en todo el sistema.

Las mediciones se realizaron en días variados pero por todo el día, observando la demanda de energía a la hora de realizar las pruebas.

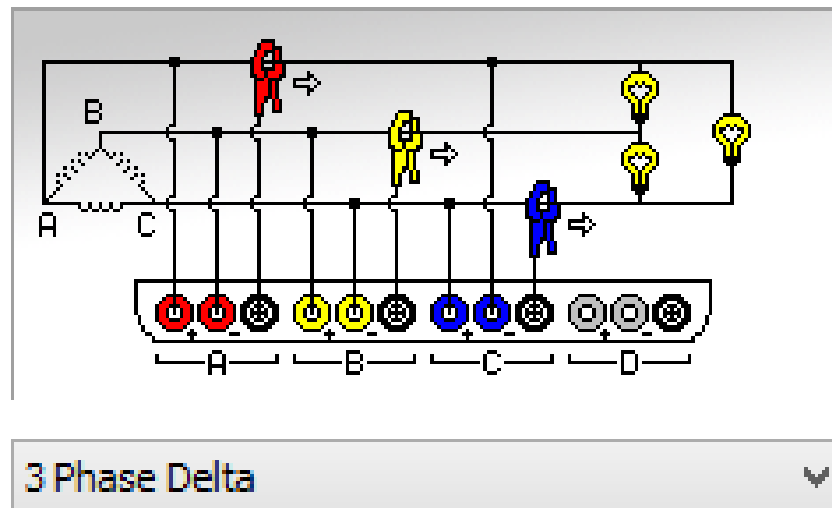
Se utilizó un analizador de calidad de energía **Dranetz – BMI Power Visa 440S** cedido por la DMT para dicha labor.

Figura C.1. Dranetz – BMI Power Visa 440S



La conexión de cada uno de los sistemas de aire acondicionado era trifásica tipo delta y se conectó de la siguiente manera hacia el analizador.

Figura C. 2. Conexión del analizador a la red eléctrica.



AUDITORIO LUIS A. CALVO

A continuación se muestra el informe generado tras las mediciones en este auditorio, mostrando los umbrales de óptimo funcionamiento así como las gráficas del comportamiento de distintas variables en el tiempo. El informe muestra los valores correspondientes a un solo día de mediciones, desde las 8:00 am hasta las 6:00 pm, tomándolo como referencia después de varios días de pruebas aunque no existen anomalías en la red eléctrica.

Los niveles nominales en este sistema son:

Voltaje: 452 V a 60 Hz

Corriente: 111 A

Las pruebas deben ser conectadas de la siguiente manera:

Trifásico Delta

EN50160 INFORME DE CUMPLIMIENTO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo, Semana #1 Tensión Nominal (U_n) = 452 V

Frecuencia de la Tensión de alimentación

Rango	Umbral	Cumplimiento	
60 Hz +1%/-1%	99.5%	100.0%	PASA
60 Hz +4%/-6%	100.0%	100.0%	PASA

Variaciones de la tensión suministrada

Rango	Umbral	Cumplimiento:			
		CHA	CHB	CHC	
452 V +10%/-10%	95.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA
452 V +10%/-15%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA

Variaciones rápidas de tensión

No disponible

Flicker

Rango	Umbral	Cumplimiento:			
		CHA	CHB	CHC	
<1	95.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA

Desequilibrio de la tensión suministrada

Rango	Umbral	Cumplimiento	
0-2%	95.0%	100.0%	PASA

Armónicos

Todos los valores mostrados son del 95%

	Limite (% de Un)	A	B	C	Estado
THD	<8.00%	3.24%	3.31%	3.28%	PASA
H02	<2.00%	0.03%	0.02%	0.03%	PASA
H03	<5.00%	0.15%	0.15%	0.08%	PASA
H04	<1.00%	0.02%	0.02%	0.02%	PASA
H05	<6.00%	3.07%	3.22%	3.16%	PASA
H06	<0.50%	0.02%	0.03%	0.03%	PASA
H07	<5.00%	0.97%	0.89%	0.91%	PASA
H08	<0.50%	0.02%	0.01%	0.01%	PASA
H09	<1.50%	0.05%	0.06%	0.02%	PASA
H10	<0.50%	0.01%	0.00%	0.00%	PASA
H11	<3.50%	0.20%	0.18%	0.20%	PASA
H12	<0.50%	0.01%	0.00%	0.00%	PASA
H13	<3.00%	0.04%	0.04%	0.04%	PASA
H14	<0.50%	0.01%	0.00%	0.00%	PASA
H15	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H16	<0.50%	0.01%	0.01%	0.01%	PASA
H17	<2.00%	0.04%	0.05%	0.04%	PASA
H18	<0.50%	0.03%	0.04%	0.03%	PASA
H19	<1.50%	0.05%	0.06%	0.06%	PASA
H20	<0.50%	0.01%	0.00%	0.00%	PASA
H21	<0.50%	0.02%	0.01%	0.01%	PASA
H22	<0.50%	0.05%	0.05%	0.05%	PASA
H23	<1.50%	0.03%	0.03%	0.04%	PASA
H24	<0.50%	0.02%	0.01%	0.02%	PASA
H25	<1.50%	0.01%	0.01%	0.01%	PASA

Alimentación de Voltaje Señales Principales

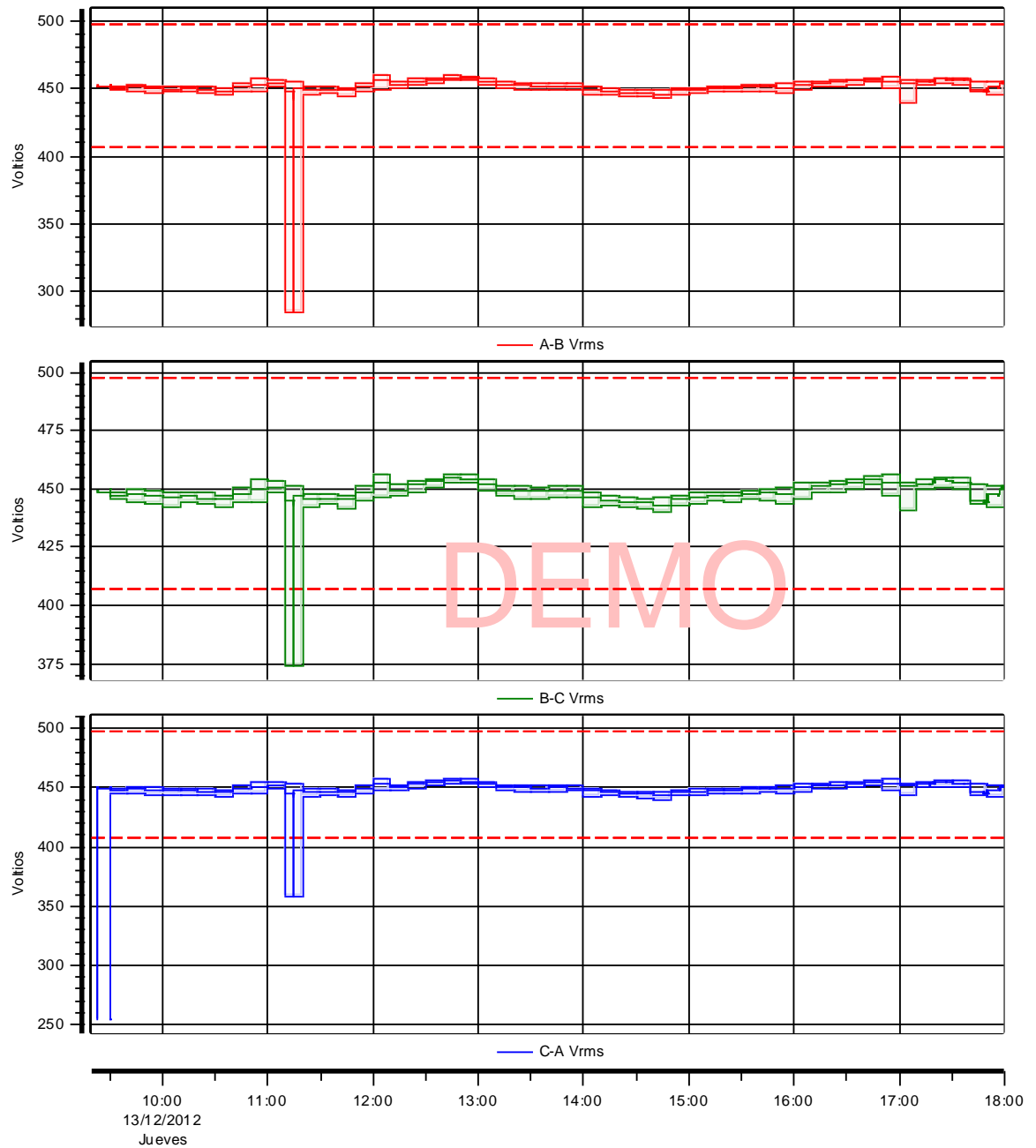
0Hz - 100khz no disponibles para este instrumento

***THD:** Distorsión Total de Armónicos, por sus siglas en inglés.

***H:** Eventos y anomalías registradas.

DIAGRAMAS DE TENSIÓN

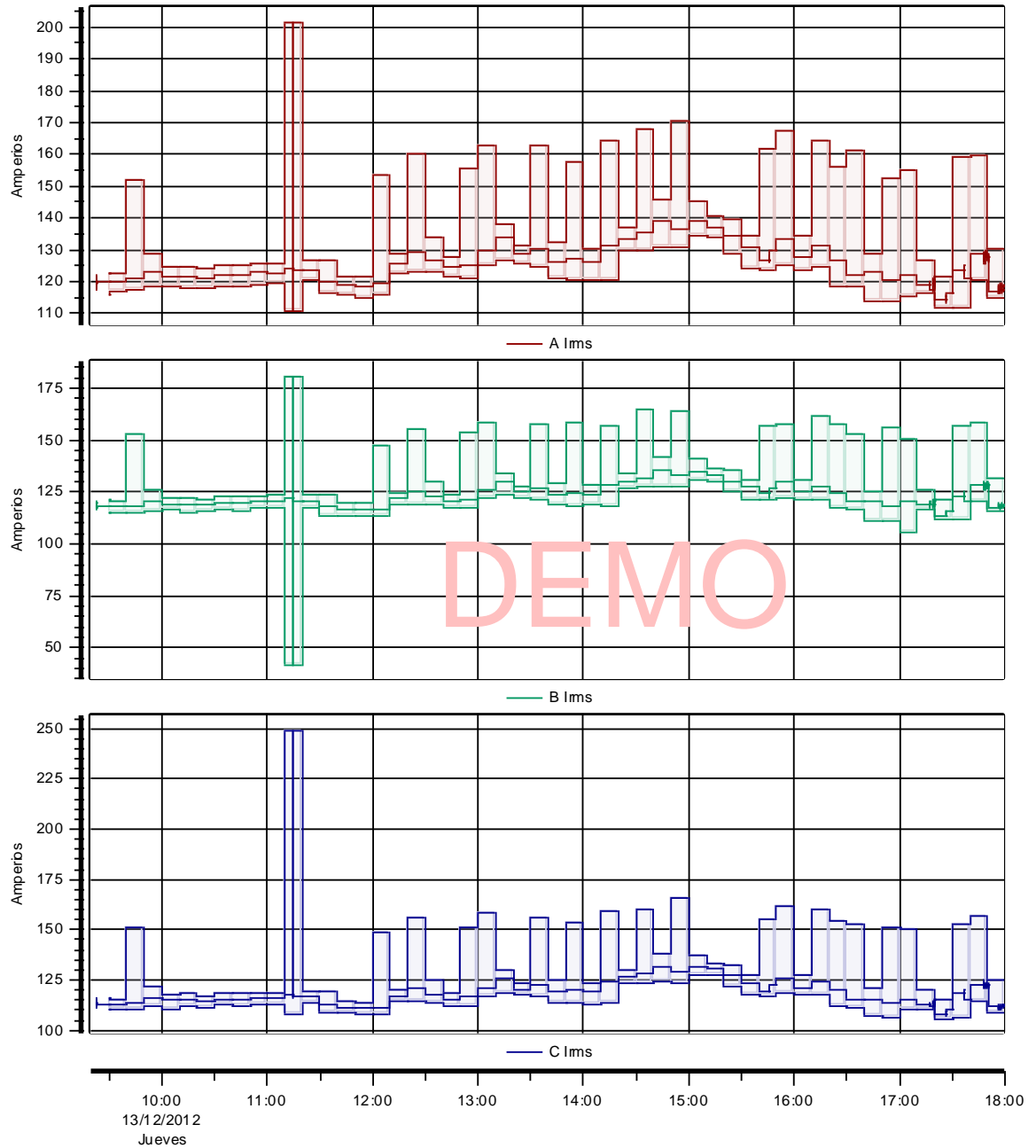
Sitio: Auditorio Luis A. Calvo



* **RMS:** Root Mean Square

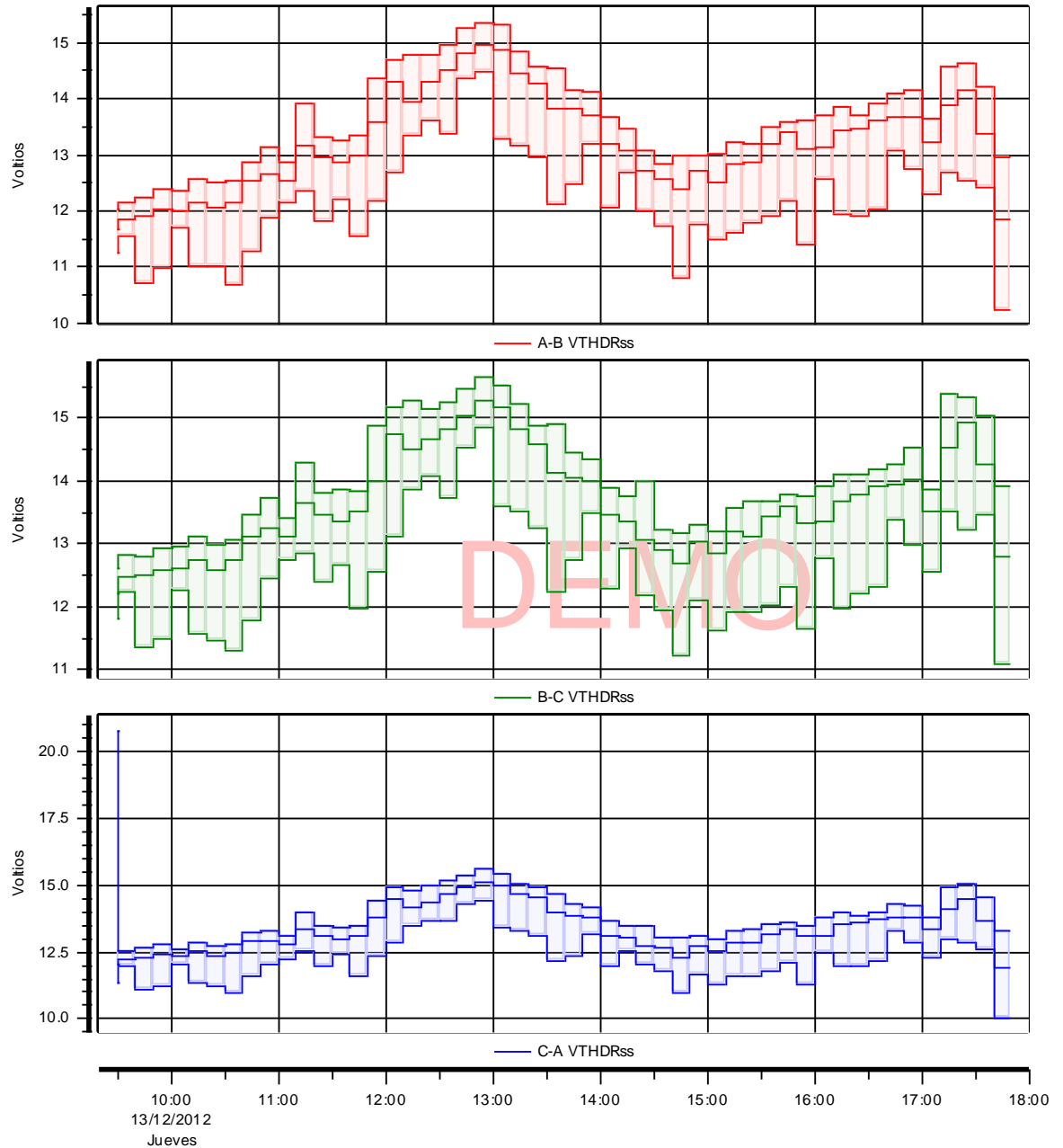
DIAGRAMAS DE INTENSIDAD

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo



DIAGRAMAS DE THD (V)

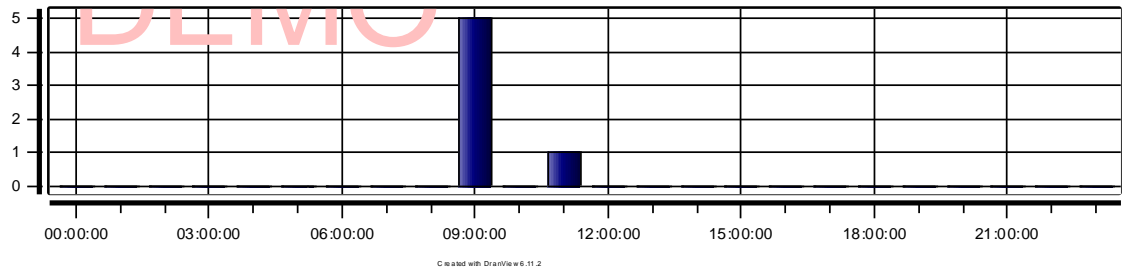
Sitio: PowerVisa Site



DIAGRAMAS ACTIVIDAD

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

HUECOS DE TENSIÓN



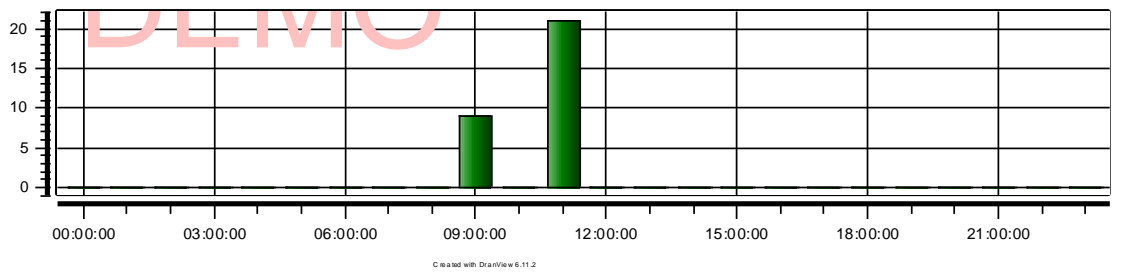
SOBRETENSIONES

NO SE ENCONTRÓ NINGÚN EVENTO EN ESTA CATEGORÍA

INTERRUPCIONES DE TENSIÓN

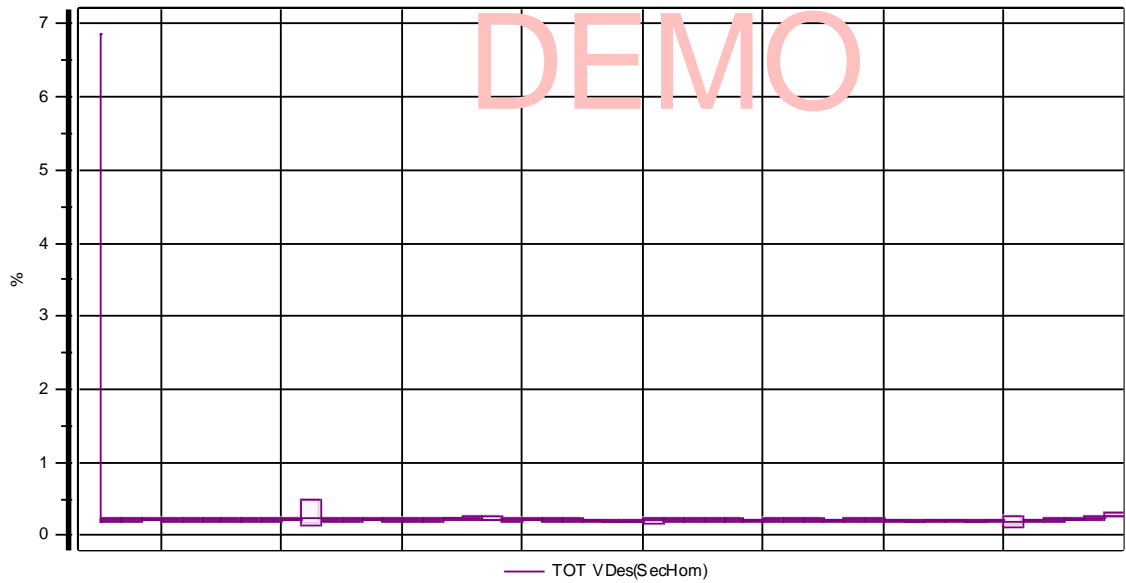
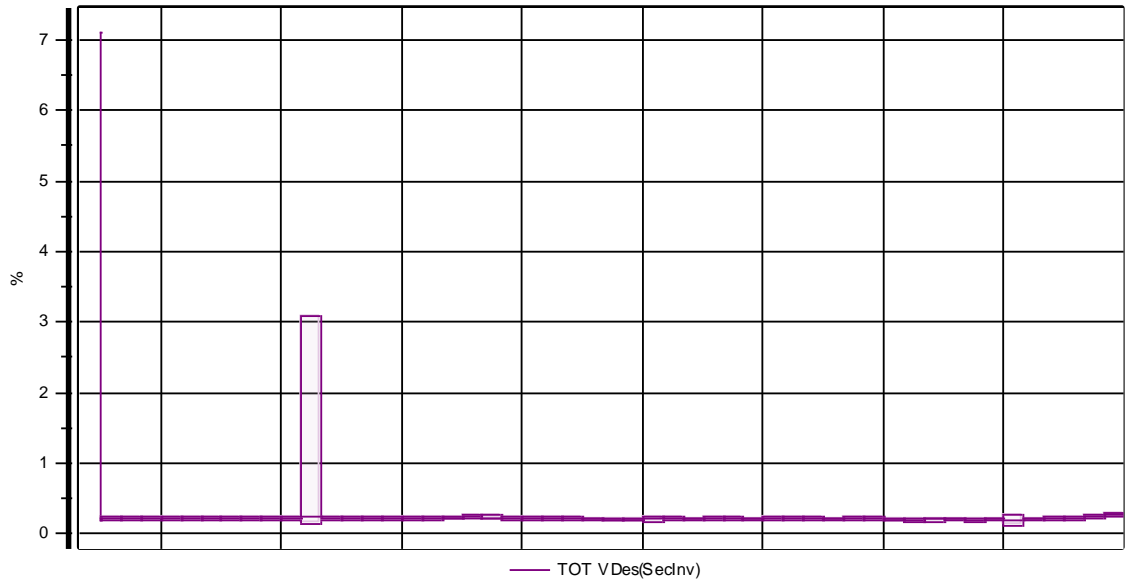
NO SE ENCONTRÓ NINGÚN EVENTO EN ESTA CATEGORÍA

TRANSITORIOS DE TENSIÓN



DIAGRAMAS DE DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo



10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00
13/12/2012
Jueves

Created with DrawView6.11.2

DIAGRAMAS DE LA FRECUENCIA DE TENSIÓN

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

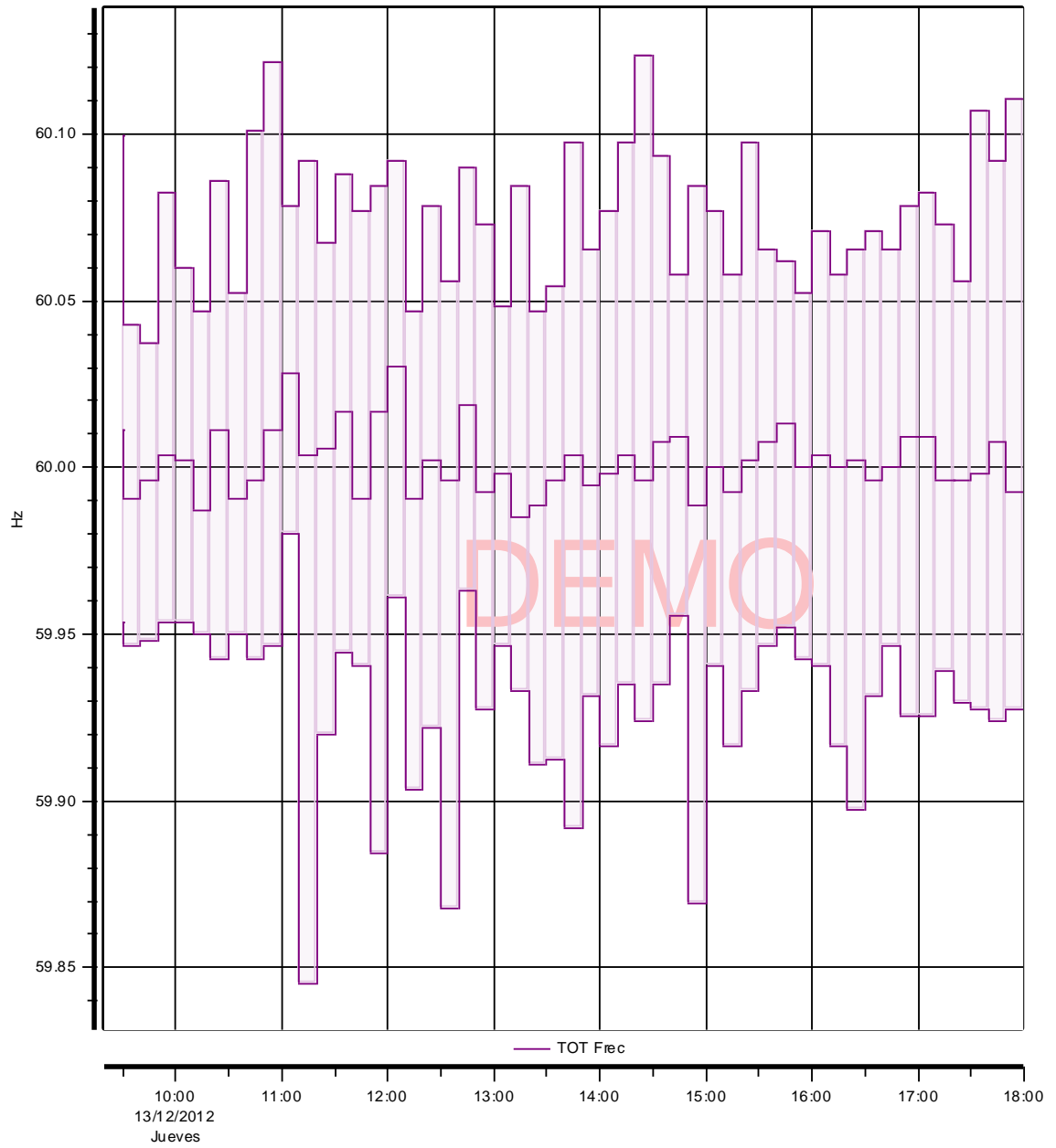


DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

TENSIÓN

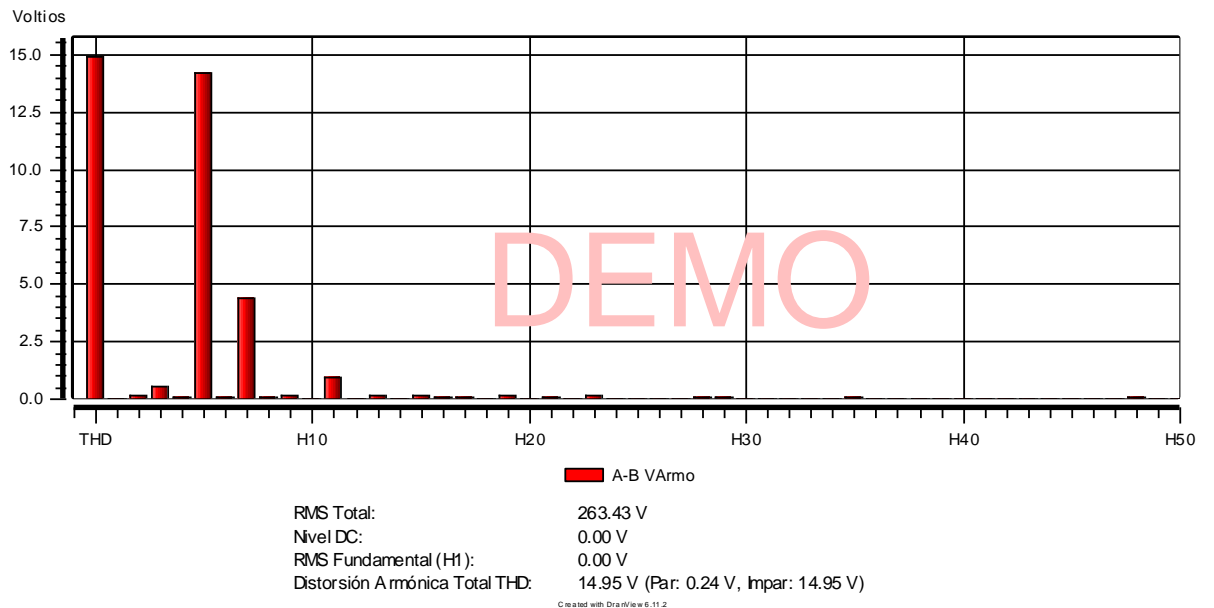
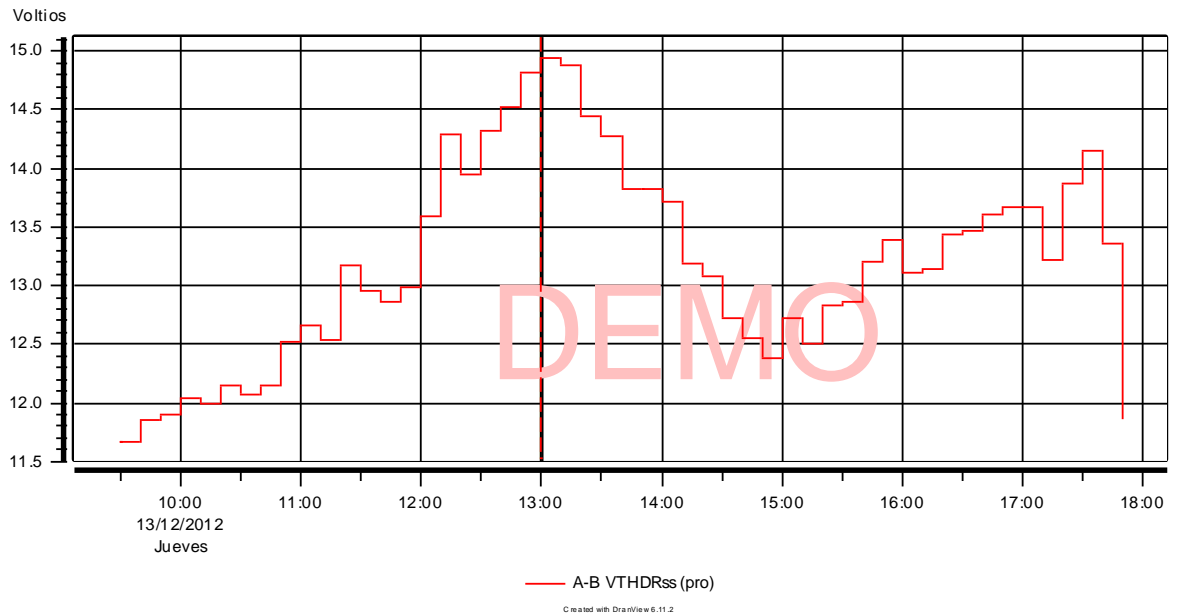


DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

INTENSIDAD

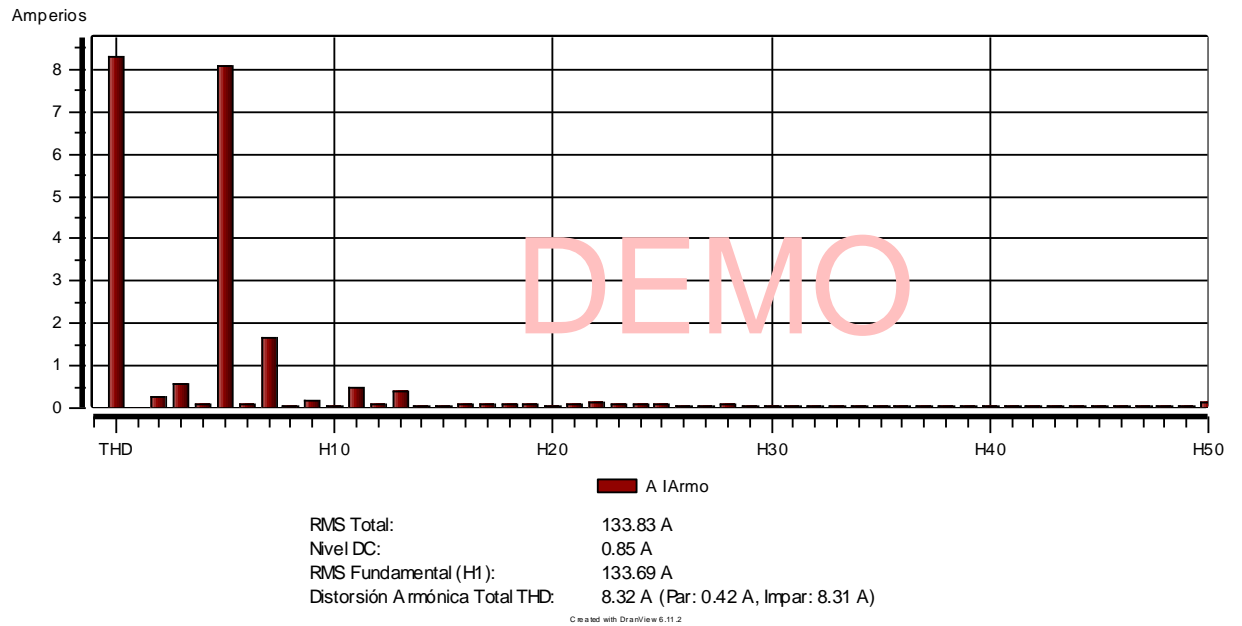
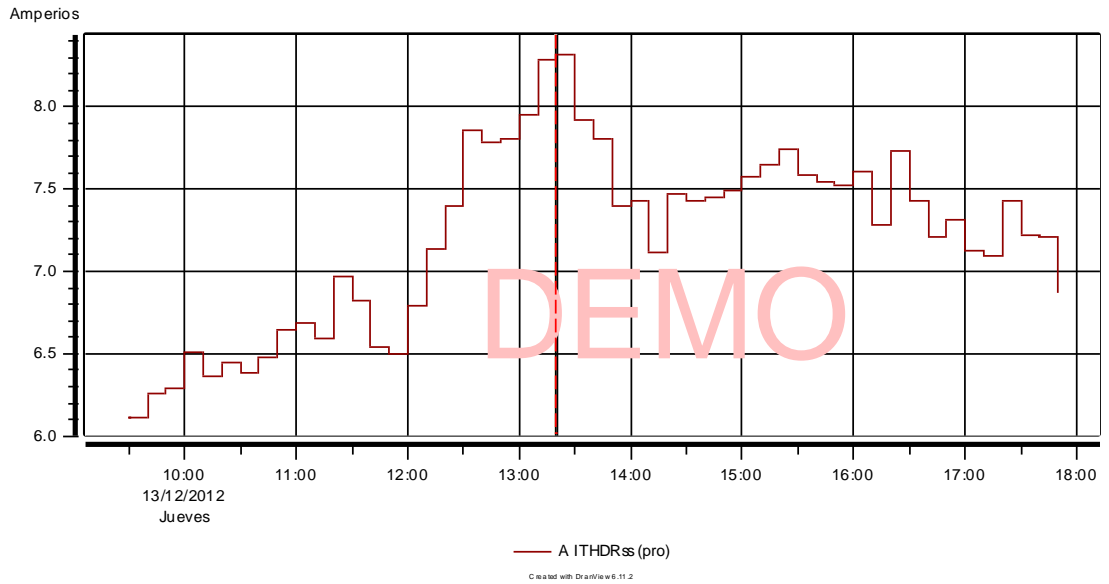


DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

TENSIÓN

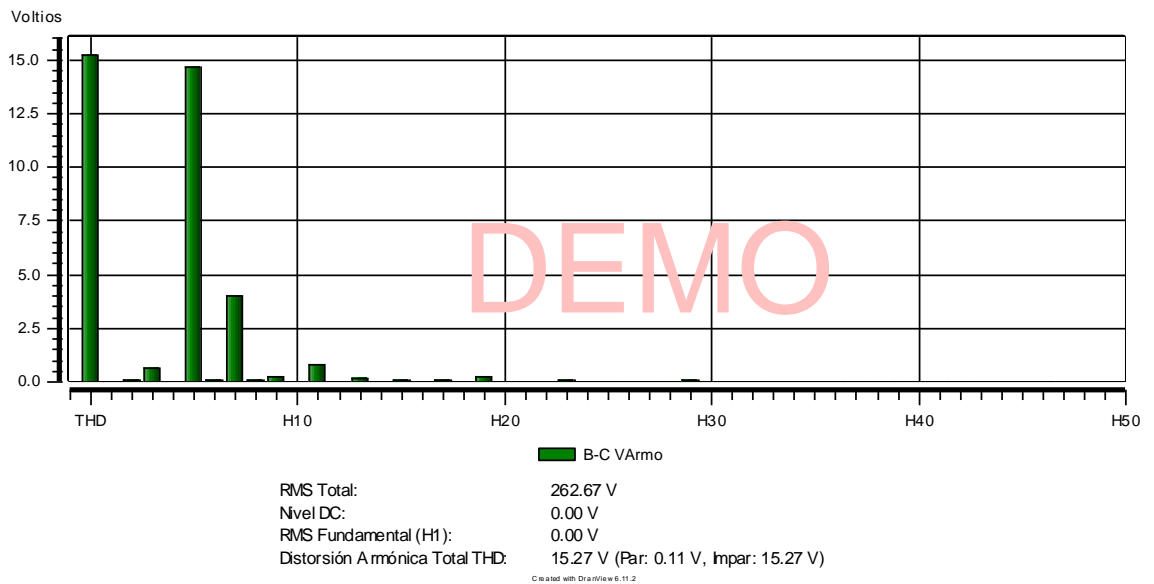
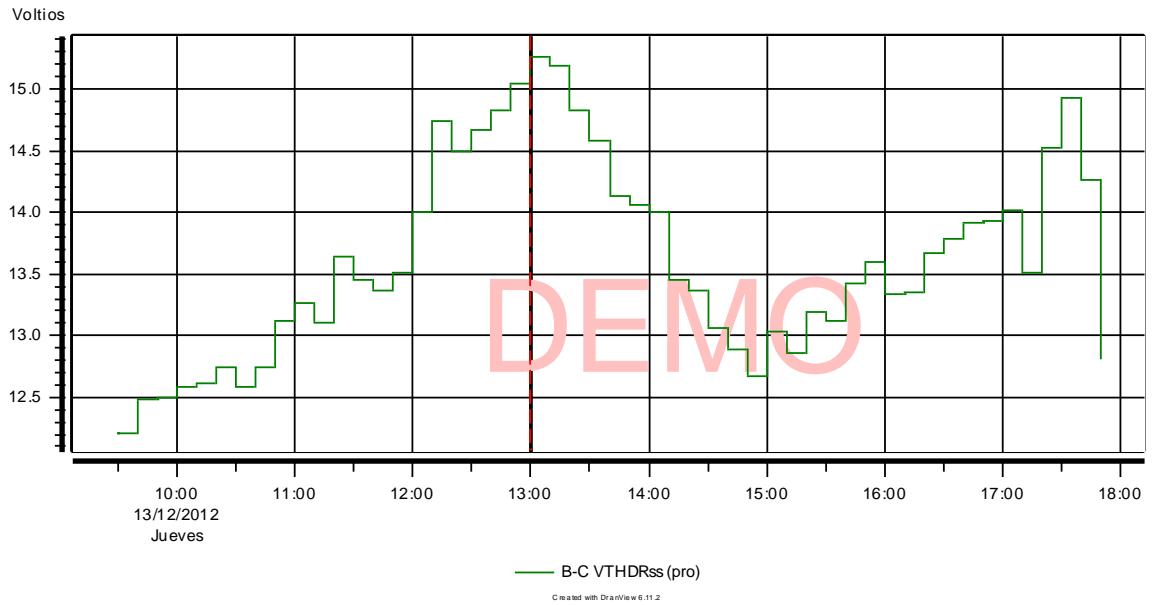


DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

INTENSIDAD

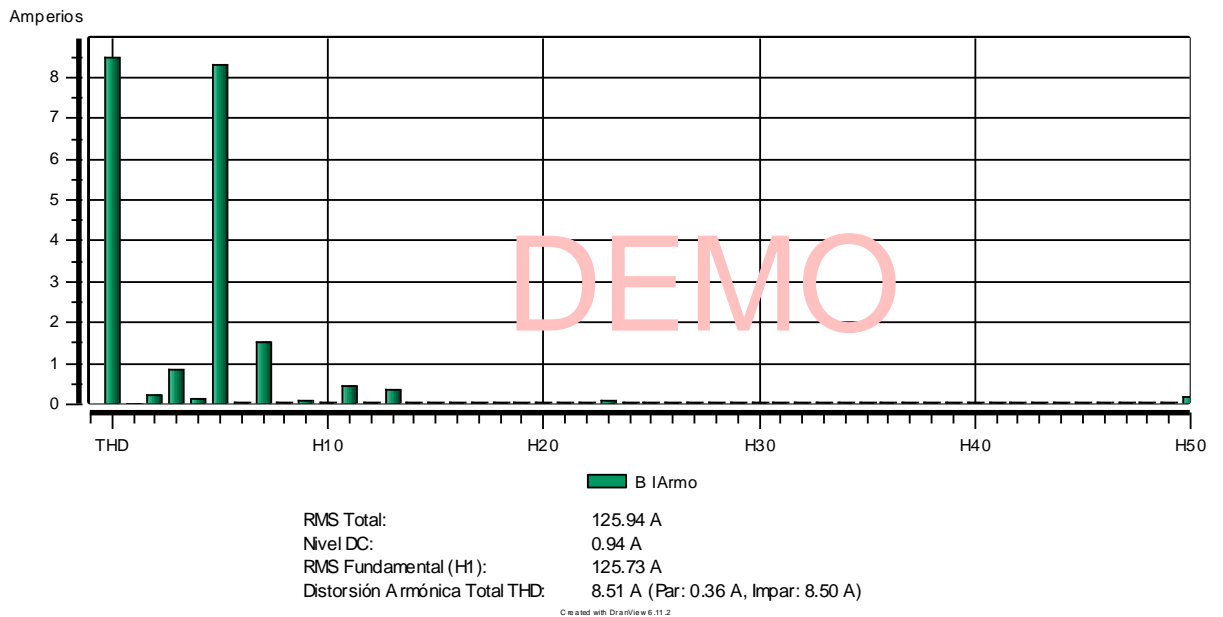
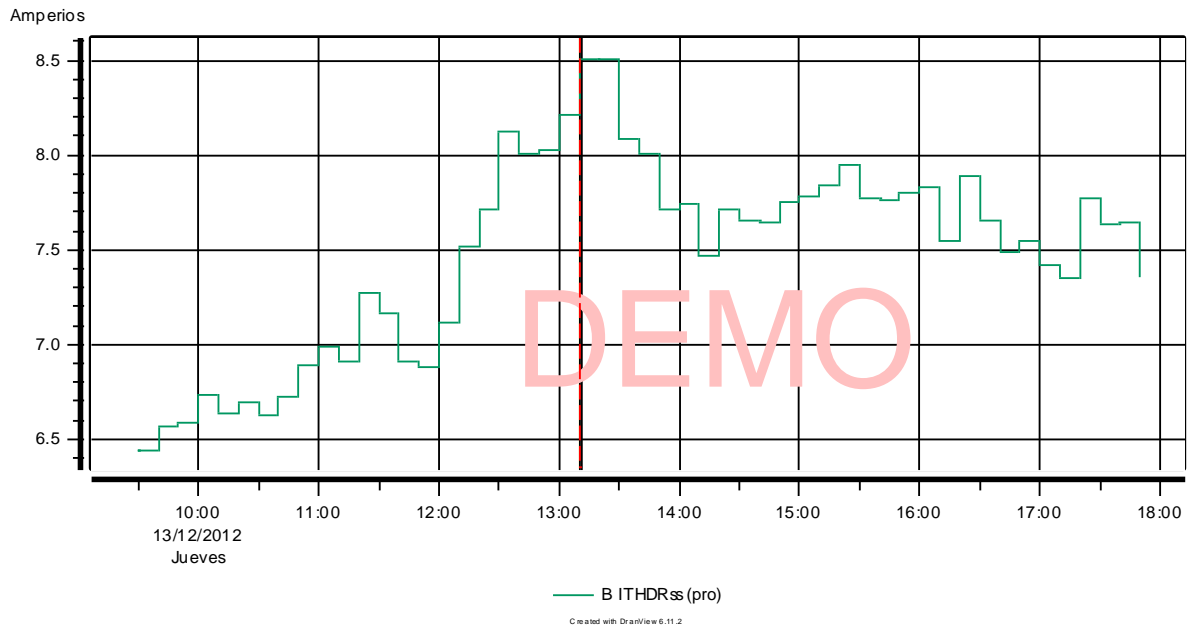


DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

TENSIÓN

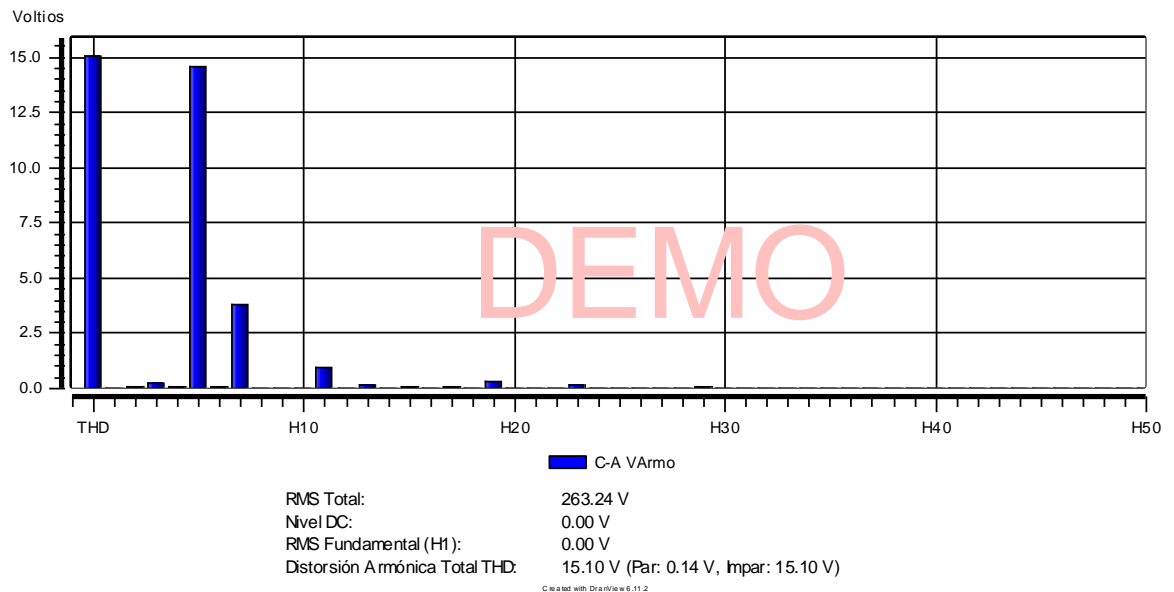
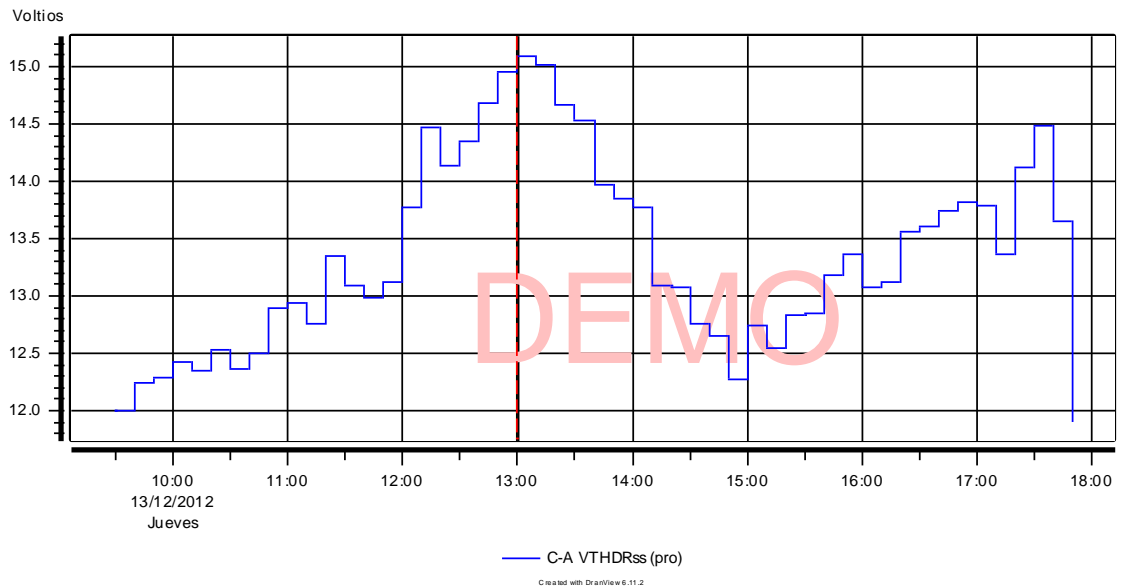
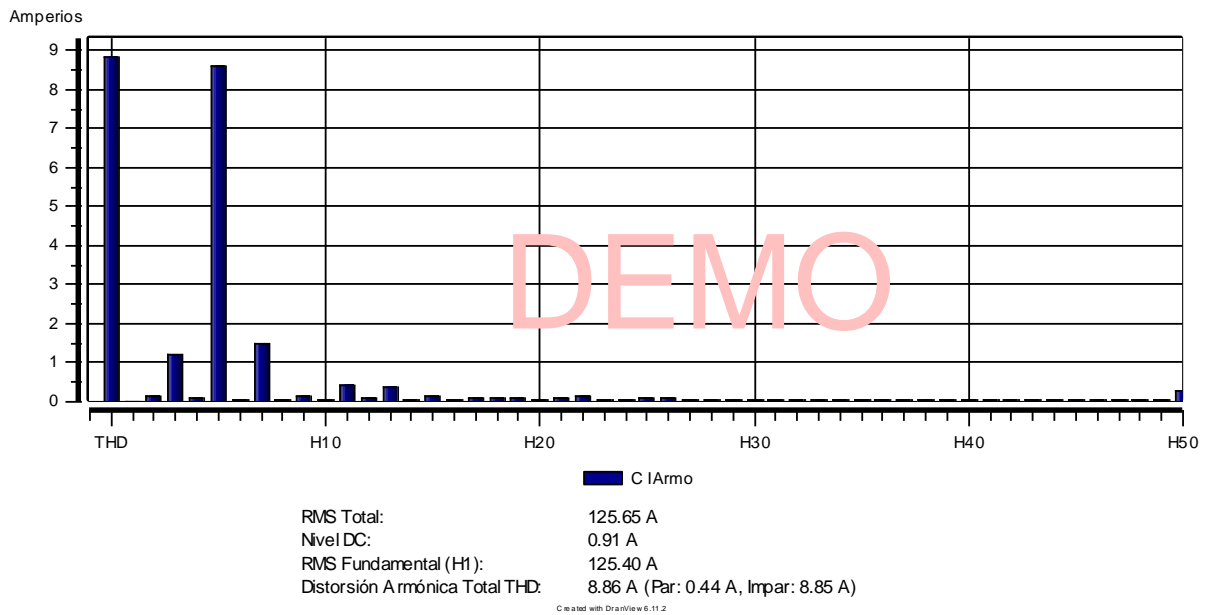
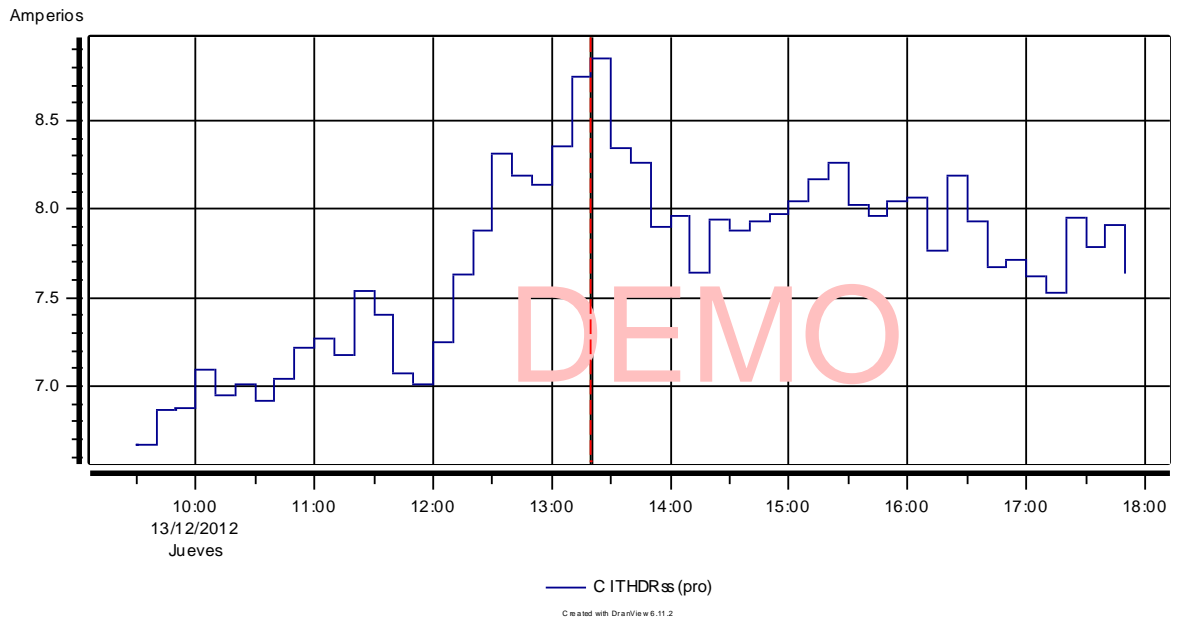


DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

INTENSIDAD



INFORME RESUMEN MIN/MAX/PRO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

TENSIÓN

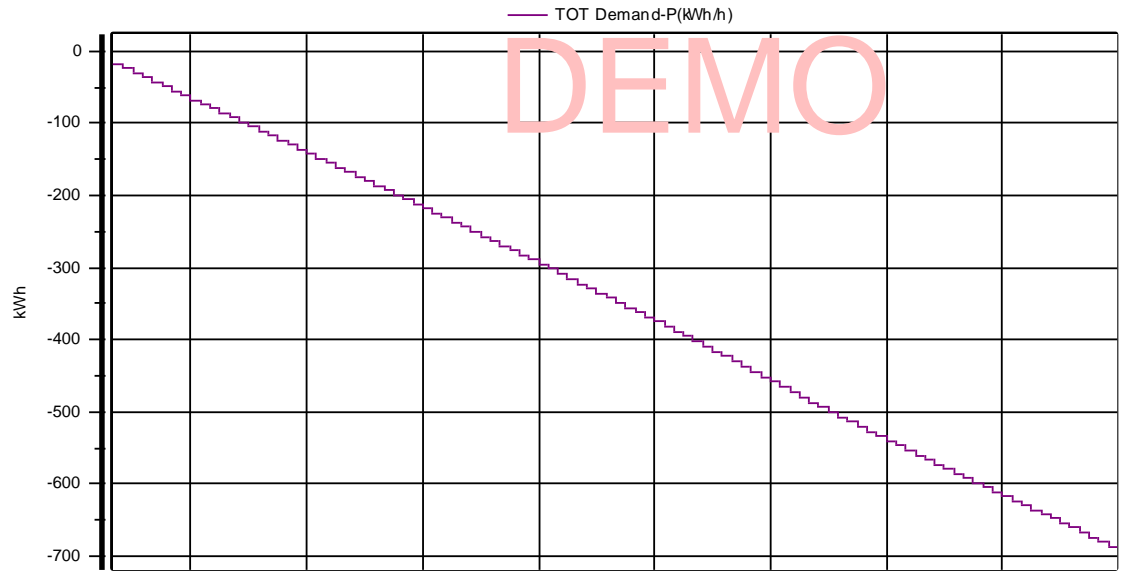
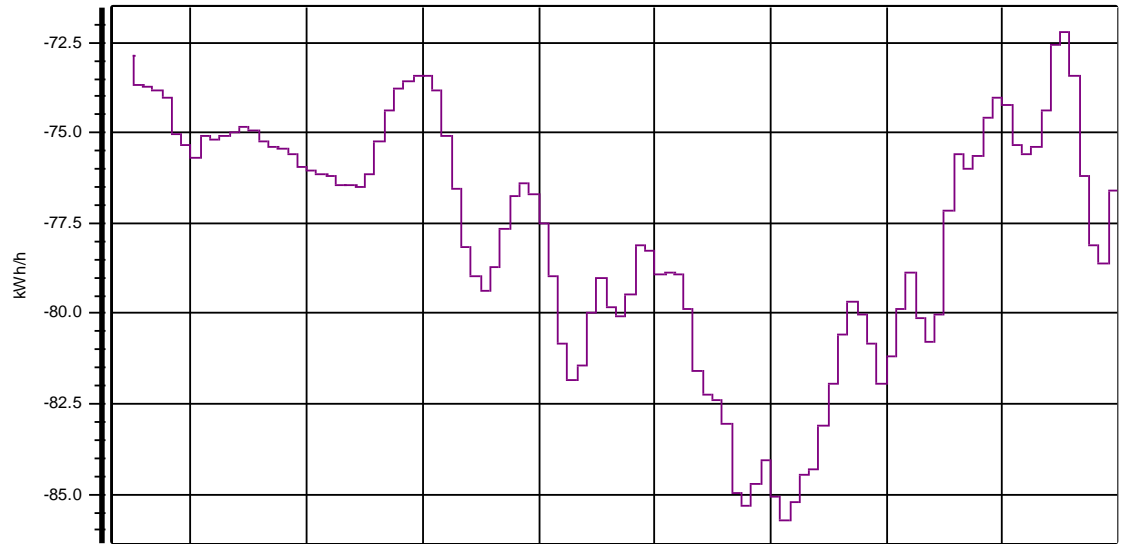
	Canal A	Canal B
Min Voltios	175.49 en 13/12/2012 11:20:00	186.15 en 13/12/2012 11:20:00
Máx Voltios	264.78 en 13/12/2012 12:10:00	308.70 en 13/12/2012 09:30:00
Mediana Voltios	259.91	259.29
Promedio Voltios	260.13	259.50
	Canal C	Canal A-B
Min Voltios	92.42 en 13/12/2012 09:30:00	284.6 en 13/12/2012 11:20:00
Máx Voltios	264.46 en 13/12/2012 12:10:00	459.9 en 13/12/2012 12:10:00
Mediana Voltios	259.66	451.5
Promedio Voltios	260.00	452.0
	Canal B-C	Canal C-A
Min Voltios	373.8 en 13/12/2012 11:20:00	254.2 en 13/12/2012 09:30:00
Máx Voltios	456.3 en 13/12/2012 12:10:00	457.5 en 13/12/2012 12:10:00
Mediana Voltios	448.4	449.1
Promedio Voltios	448.8	449.6

INTENSIDAD

	Canal A	Canal B
Min Amperios	110.64 en 13/12/2012 11:20:00	41.56 en 13/12/2012 11:20:00
Máx Amperios	201.48 en 13/12/2012 11:20:00	180.56 en 13/12/2012 11:20:00
Mediana Amperios	125.36	121.43
Promedio Amperios	126.18	123.38
	Canal C	
Min Amperios	105.27 en 13/12/2012 17:30:00	
Máx Amperios	249.07 en 13/12/2012 11:20:00	
Mediana Amperios	116.63	
Promedio Amperios	118.95	

DIAGRAMAS DE DEMANDA Y ENERGÍA

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo



10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00
13/12/2012
Jueves

Created with DrawView 6.11.2

INFORME DE POTENCIA MIN/MAX/PRO

Sitio: Auditorio Luis A. Calvo

POTENCIA

POTENCIA ACTIVA P(W)

	A	B	C	TOTAL
Min kW	-30.441	-29.750	-30.598	-88.84 en 13/12/2012 15:00:00
Máx kW	-23.620	-21.202	-16.993	-70.41 en 13/12/2012 17:30:00
Mediana kW	-26.312	-26.017	-24.732	-76.91
Promedio kW	-26.490	-26.272	-25.097	-77.86

POTENCIA APARENTE, S(VA)

	A	B	C	TOTAL
Min kVA	29.91	27.67	23.59	87.98 en 13/12/2012 09:30:00
Máx kVA	37.10	35.88	40.27	108.04 en 13/12/2012 15:00:00
Mediana kVA	32.77	31.72	30.52	95.01
Promedio kVA	32.82	32.02	30.93	95.77

POTENCIA REACTIVA Q, A LA FREC. FUND.

	A	B	C	TOTAL
Min kVAR	-21.382	-19.937	-21.322	-61.34 en 13/12/2012 16:20:00
Máx kVAR	19.408	-15.275	-13.078	-18.33 en 13/12/2012 11:20:00
Mediana kVAR	-19.356	-18.029	-17.897	-55.37
Promedio kVAR	-19.376	-18.004	-17.787	-55.17

FACTOR DE POTENCIA

	A	B	C	TOTAL
Min	-0.826	0.766	0.720	0.796 en 13/12/2012 17:40:00
Máx	0.827	0.872	0.833	0.900 en 13/12/2012 11:20:00
Mediana	0.808	0.820	0.812	0.813
Promedio	0.807	0.821	0.812	0.813

DEMANDA

DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA

	A	B	C	TOTAL
Min kWh/h				-85.71 en 13/12/2012 15:10:00
Máx kWh/h				-72.23 en 13/12/2012 17:35:00
Mediana kWh/h				-76.68
Promedio kWh/h				-77.85

ENERGÍA**ENERGÍA ACTIVA (WH)**

	A	B	C	TOTAL
kWh	229.39	227.66	217.36	674.4 en 13/12/2012 09:20:00

AUDITORIO FUNDADORES

El reporte generado por la medición en este sistema arrojó resultados satisfactorios, donde los eventos mostrados no sobrepasaron los niveles de tolerancia establecidos.

Los niveles nominales en este sistema son:

Voltaje: 220 V a 60 Hz

Corriente: 89 A

Las pruebas deben ser conectadas de la siguiente manera:

Trifásico Delta

EN50160 INFORME DE CUMPLIMIENTO

Sitio: Auditorio Fundadores, Semana #1, Tensión Nominal (Un) = 219 V

Frecuencia de la Tensión de alimentación

Rango	Umbral	Cumplimiento	
60 Hz +1%/-1%	99.5%	100.0%	PASA
60 Hz +4%/-6%	100.0%	100.0%	PASA

Variaciones de la tensión suministrada

Rango	Umbral	Cumplimiento:			
		CHA	CHB	CHC	
219 V +10%/-10%	95.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA
219 V +10%/-15%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA

Variaciones rápidas de tensión

No disponible

Flicker

Rango	Umbral	Cumplimiento:			
		CHA	CHB	CHC	
<1	95.0%	100.0%	100.0%	100.0%	PASA

Desequilibrio de la tensión suministrada

Rango	Umbral	Cumplimiento	
0-2%	95.0%	100.0%	PASA

Armónicos

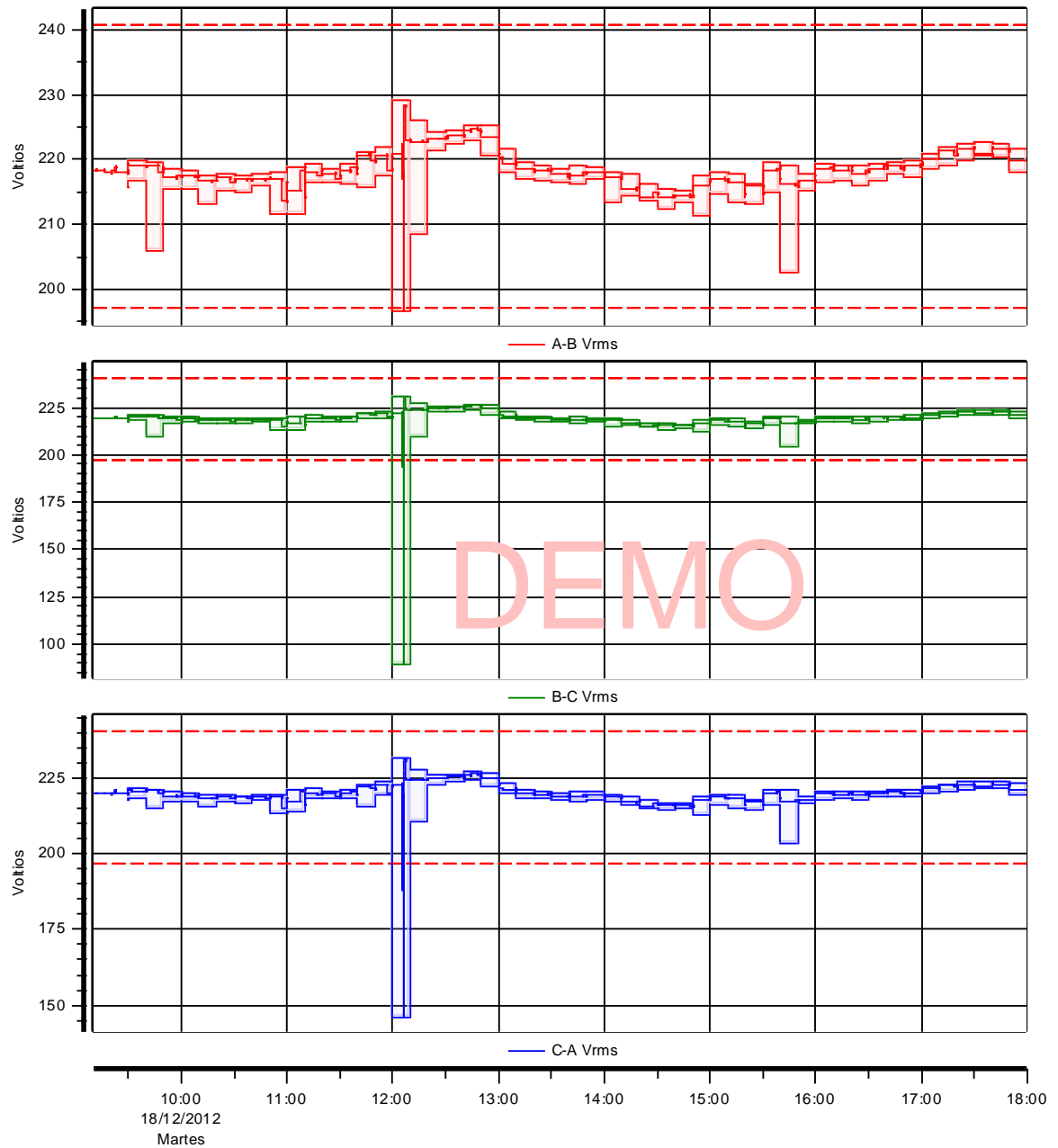
Todos los valores mostrados son del 95%

	Limite (% de Un)	A	B	C	Estado
THD	<8.00%	3.05%	3.06%	3.06%	PASA
H02	<2.00%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H03	<5.00%	0.28%	0.14%	0.24%	PASA
H04	<1.00%	0.03%	0.03%	0.03%	PASA
H05	<6.00%	2.91%	2.93%	2.93%	PASA
H06	<0.50%	0.03%	0.02%	0.03%	PASA
H07	<5.00%	0.79%	0.82%	0.80%	PASA
H08	<0.50%	0.04%	0.03%	0.03%	PASA
H09	<1.50%	0.04%	0.05%	0.04%	PASA
H10	<0.50%	0.02%	0.02%	0.03%	PASA
H11	<3.50%	0.14%	0.15%	0.14%	PASA
H12	<0.50%	0.02%	0.01%	0.02%	PASA
H13	<3.00%	0.09%	0.06%	0.12%	PASA
H14	<0.50%	0.02%	0.01%	0.02%	PASA
H15	<0.50%	0.04%	0.03%	0.03%	PASA
H16	<0.50%	0.02%	0.01%	0.02%	PASA
H17	<2.00%	0.07%	0.07%	0.04%	PASA
H18	<0.50%	0.03%	0.02%	0.02%	PASA
H19	<1.50%	0.07%	0.05%	0.05%	PASA
H20	<0.50%	0.02%	0.01%	0.02%	PASA
H21	<0.50%	0.04%	0.03%	0.03%	PASA
H22	<0.50%	0.07%	0.07%	0.07%	PASA
H23	<1.50%	0.04%	0.03%	0.04%	PASA
H24	<0.50%	0.16%	0.14%	0.15%	PASA
H25	<1.50%	0.05%	0.05%	0.04%	PASA

Alimentación de Voltaje Señales Principales
 0Hz - 100khz no disponibles para este instrumento

DIAGRAMAS DE TENSIÓN

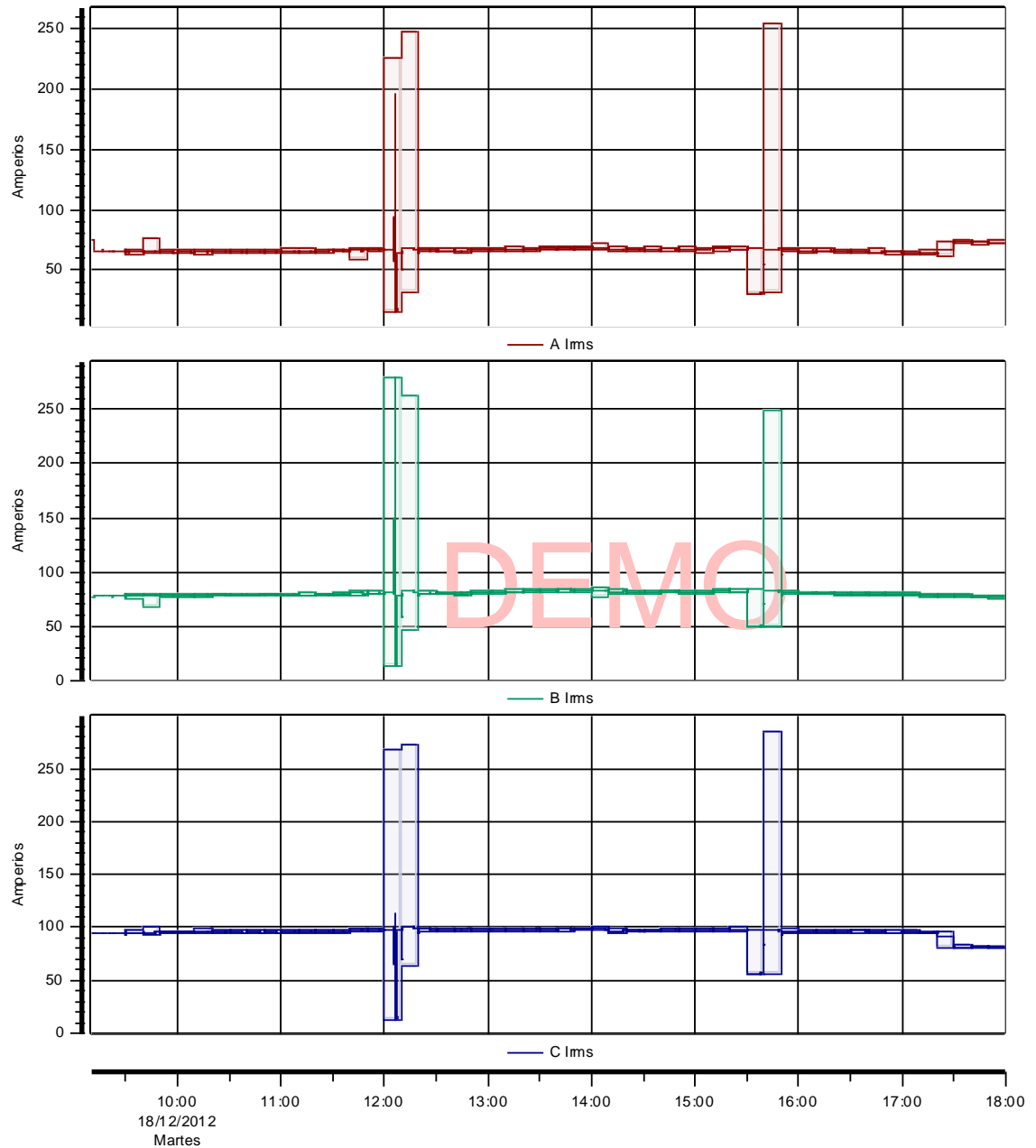
Sitio: Auditorio Fundadores



Created with DrawView 6.11.2

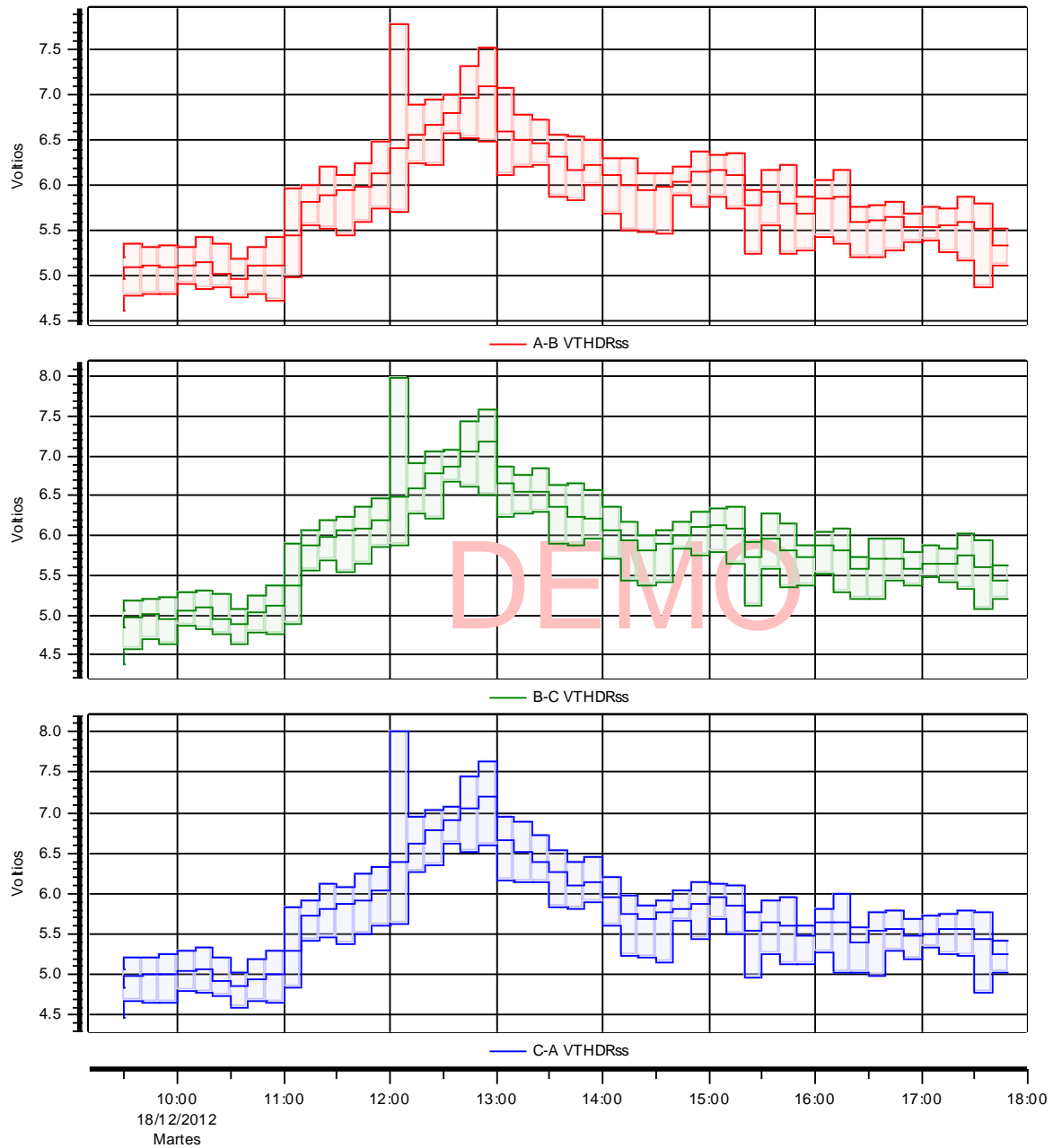
DIAGRAMAS DE INTENSIDAD

Sitio: Auditorio Fundadores



DIAGRAMAS DE THD (V)

Sitio: Auditorio Fundadores

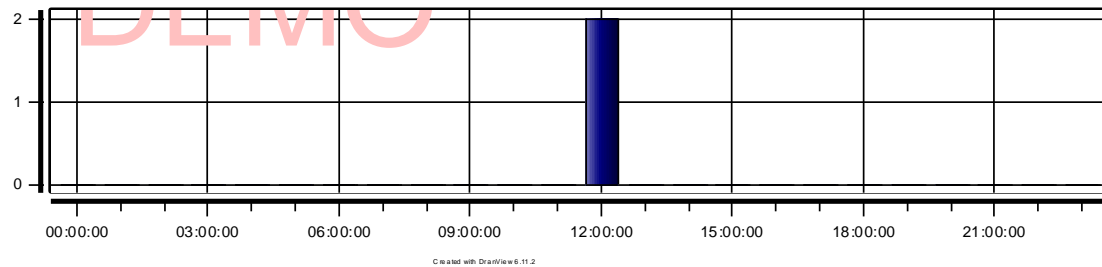


Created with DrawView 6.11.2

DIAGRAMAS ACTIVIDAD

Sitio: Auditorio Fundadores

HUECOS DE TENSIÓN



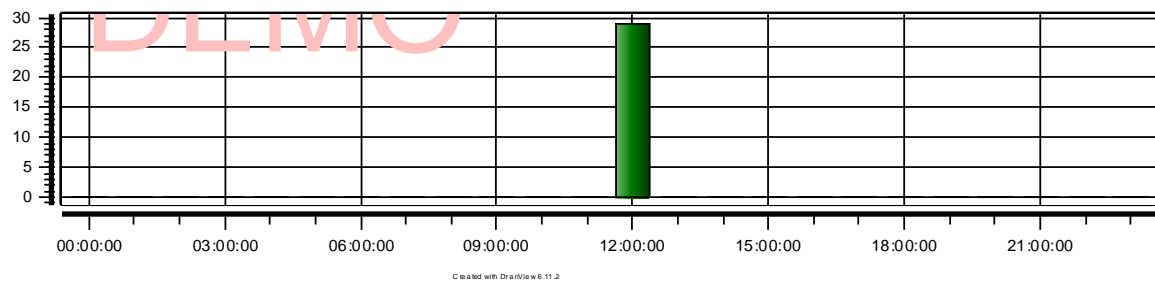
SOBRETENSIONES

No se encontro ningún evento en esta categoría.

INTERRUPCIONES DE TÉNSION

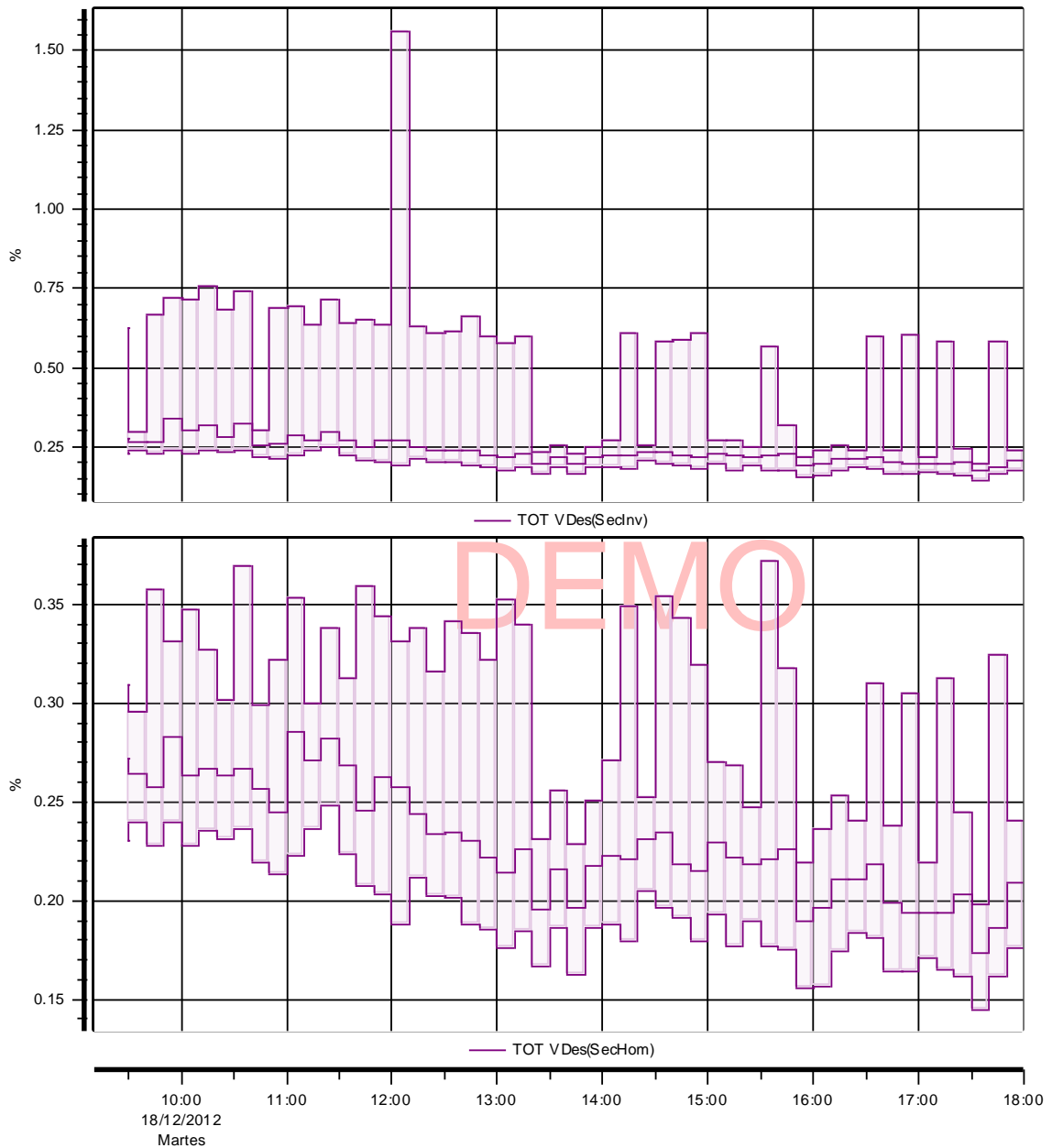
No se encontro ningún evento en esta categoría.

TRANSITORIOS DE TÉNSION



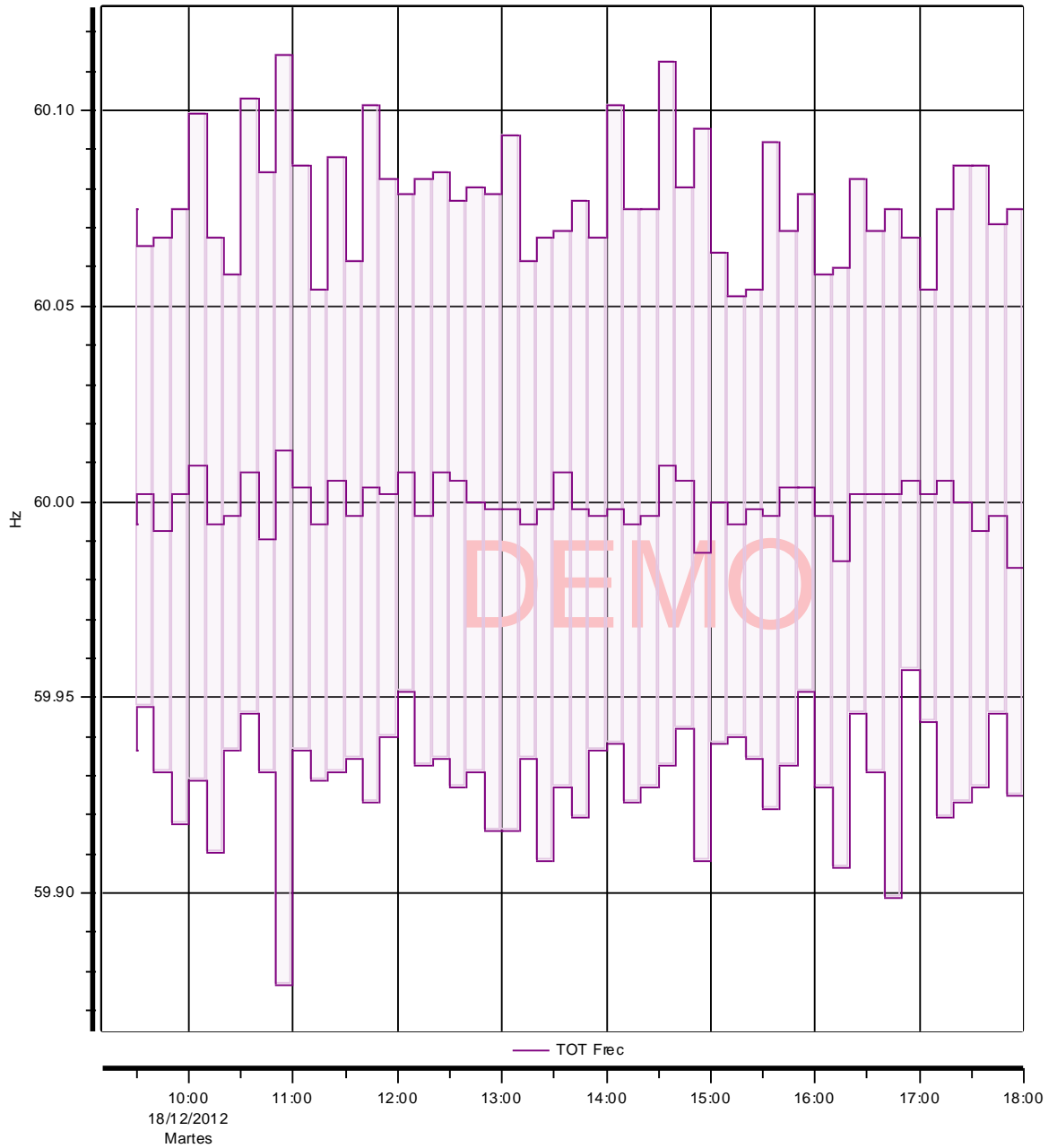
DIAGRAMAS DE DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN

Sitio: Auditorio Fundadores



DIAGRAMAS DE LA FRECUENCIA DE TENSIÓN

Sitio: Auditorio Fundadores



Created with DrawView 6.11.2

DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Fundadores

TENSIÓN

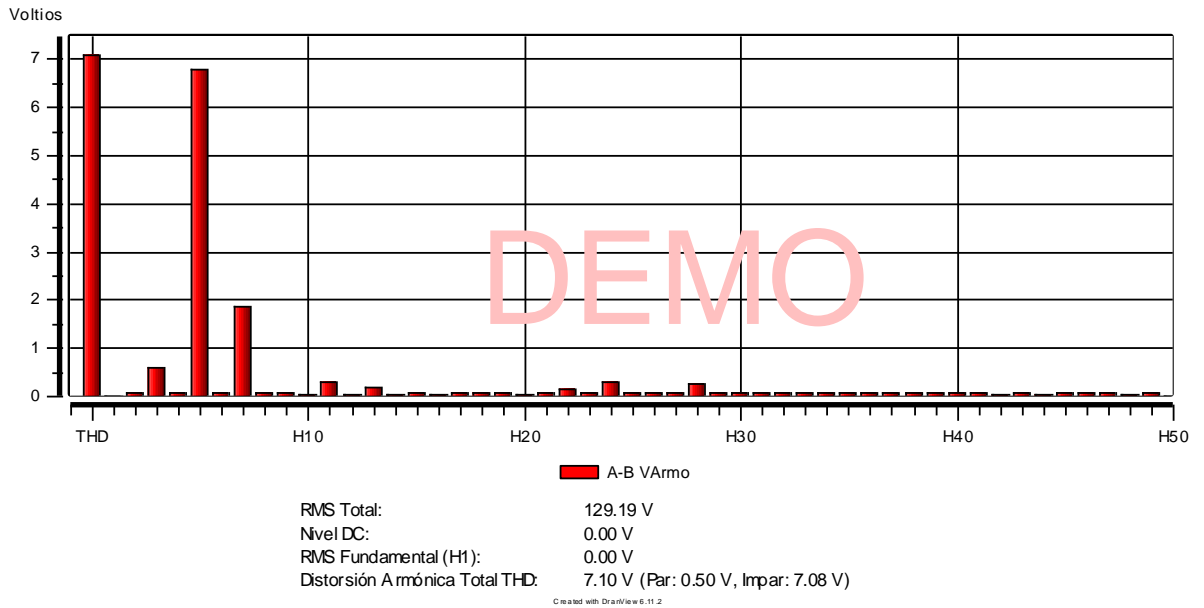
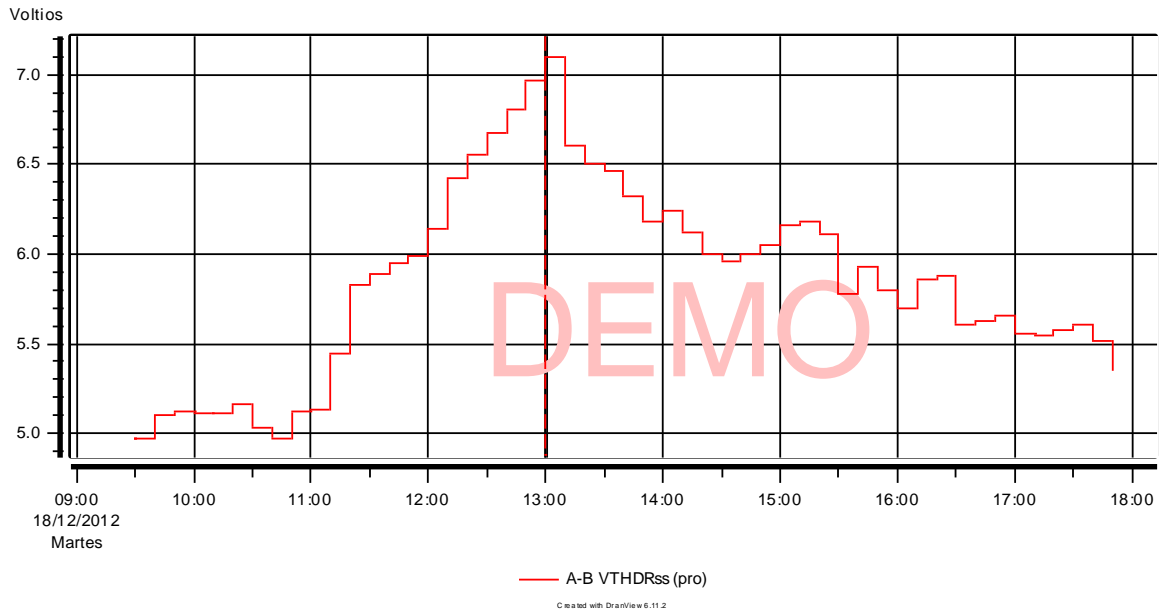


DIAGRAMA DE FASE DEL A ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Fundadores

INTENSIDAD

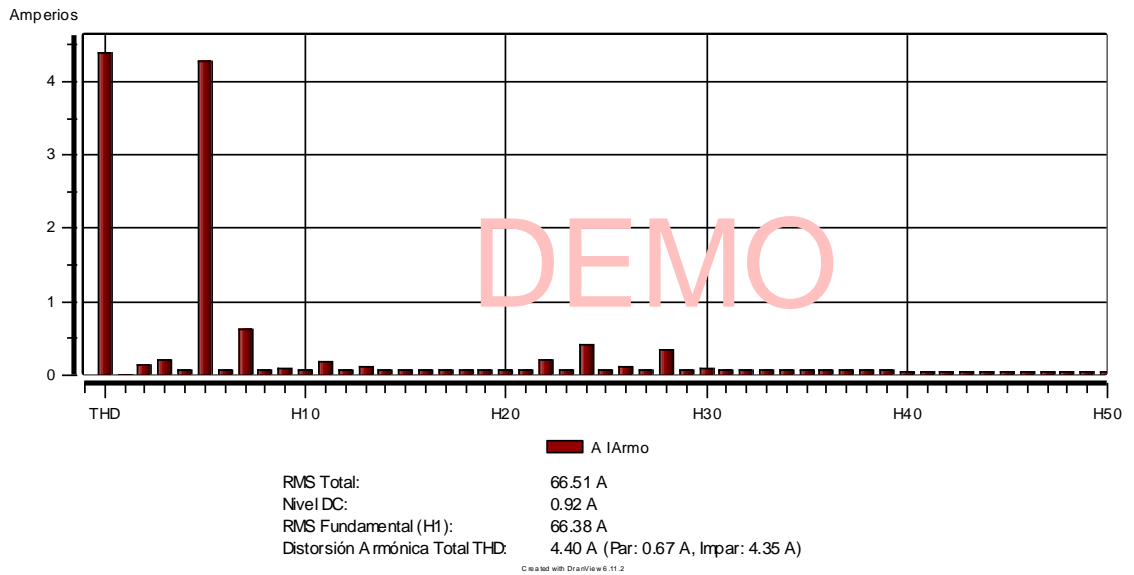
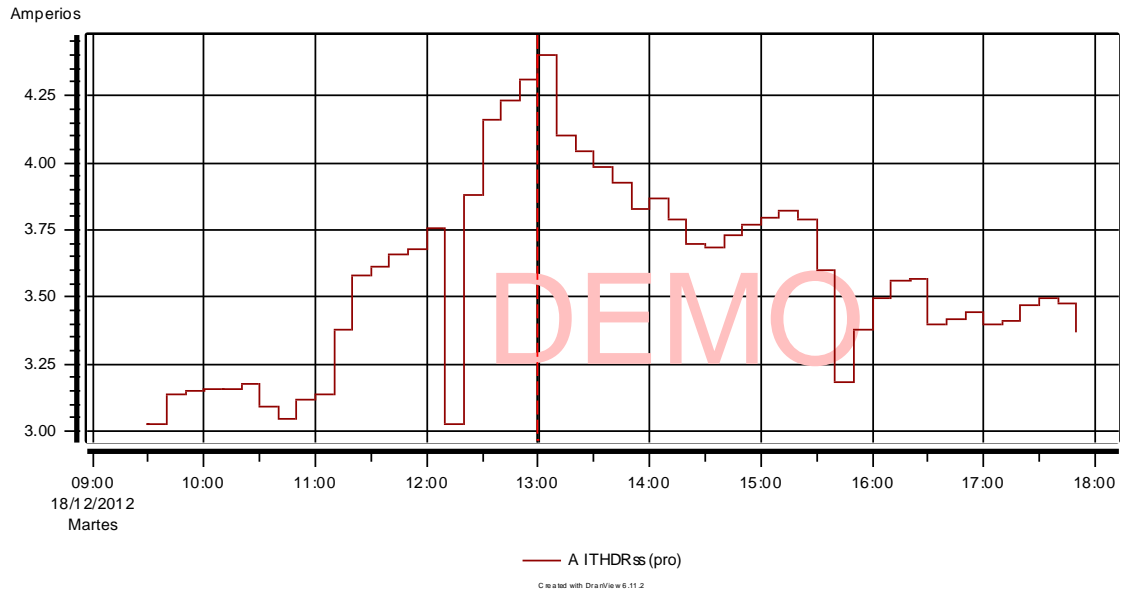


DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Fundadores

TENSIÓN

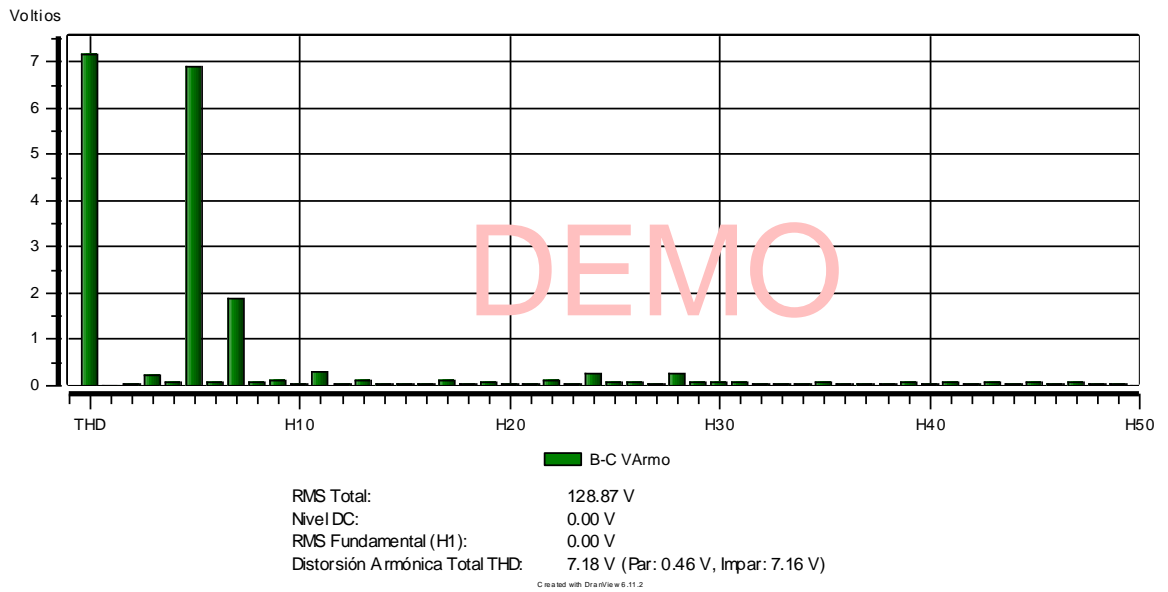
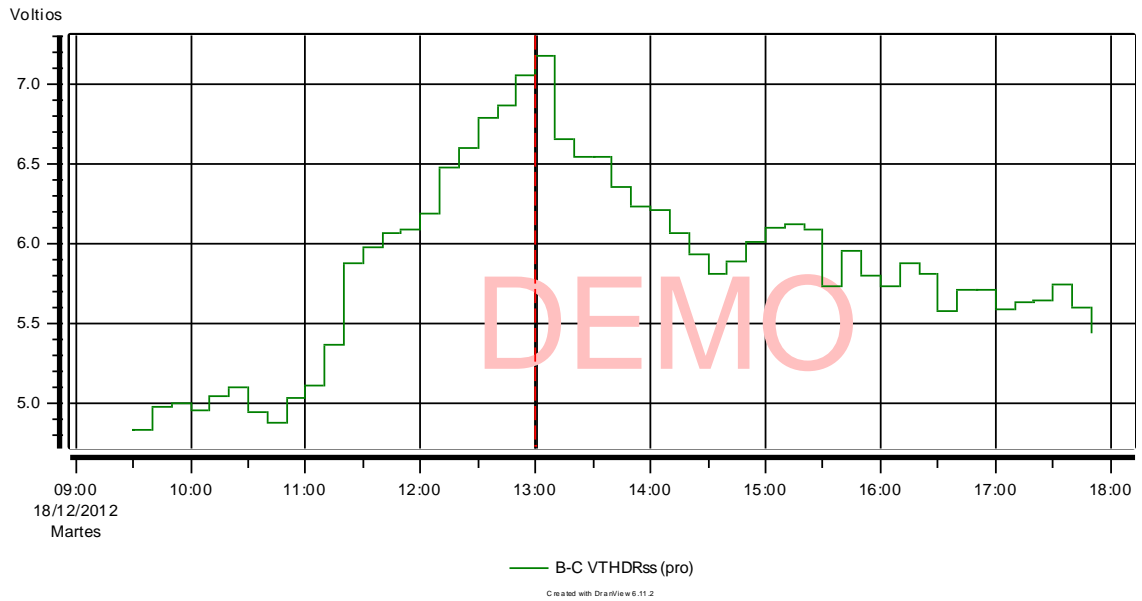
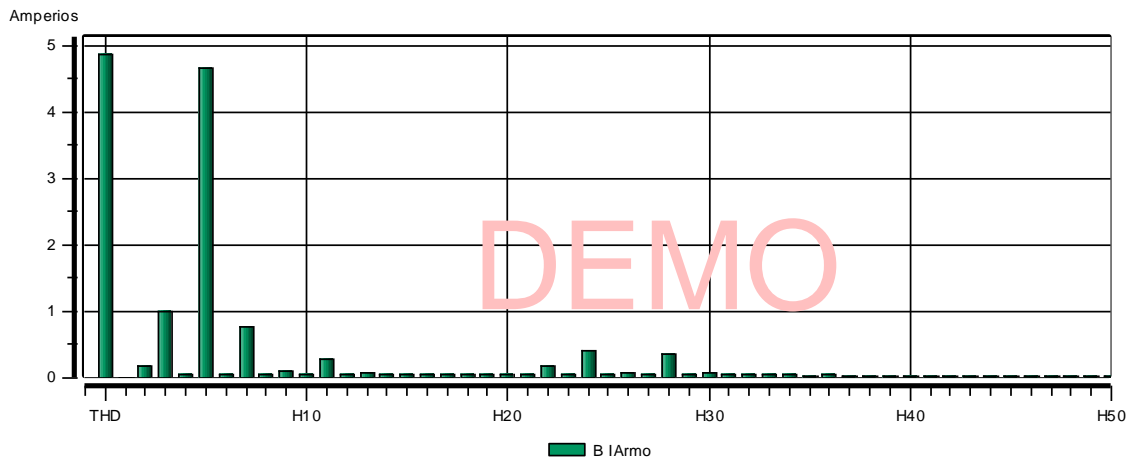
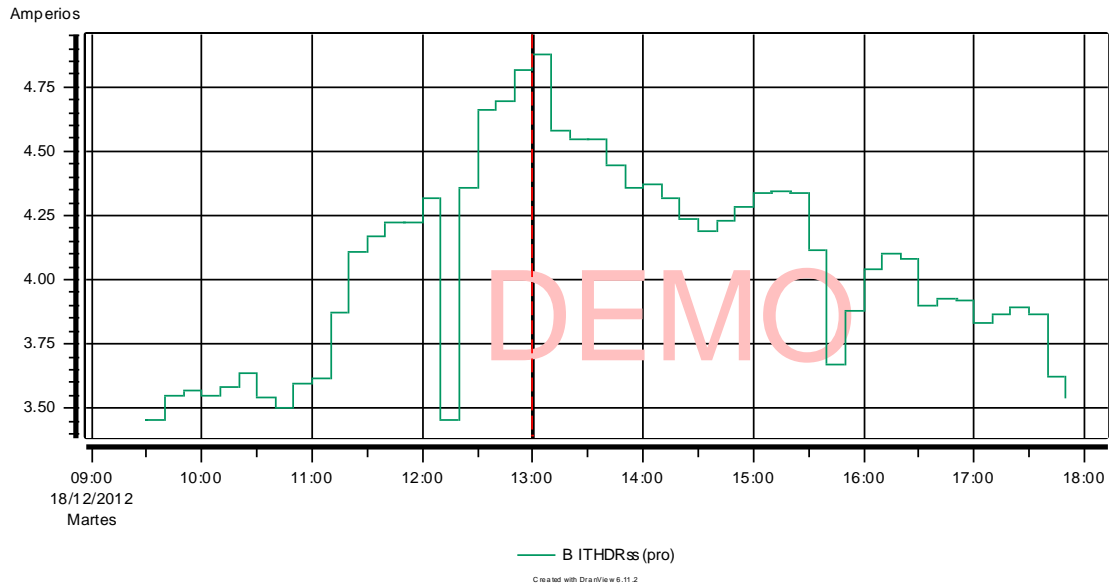


DIAGRAMA DE FASE DEL B ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Fundadores

INTENSIDAD



RMS Total:	80.49 A
Nivel DC:	1.02 A
RMS Fundamental (H1):	80.35 A
Distorsión Armónica Total THD:	4.88 A (Par: 0.64 A, Impar: 4.83 A)

Created with DrawView 6.11.2

DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Fundadores

TENSIÓN

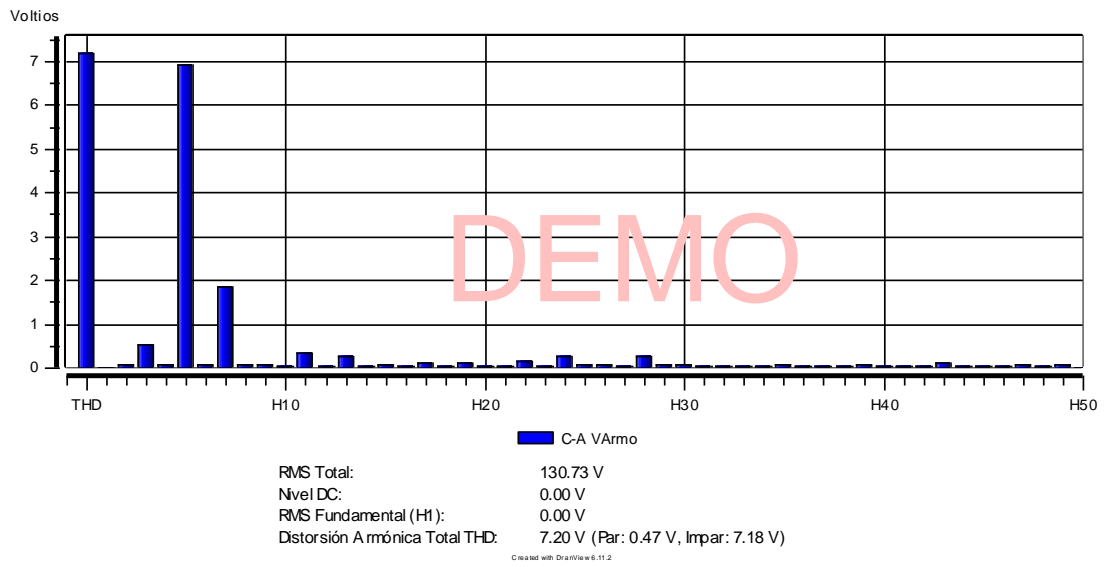
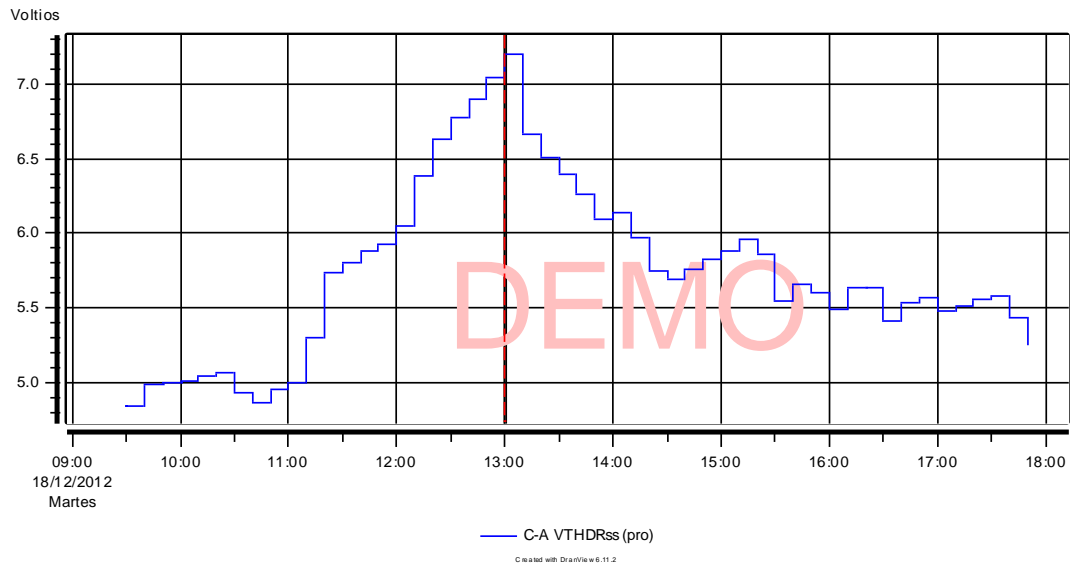
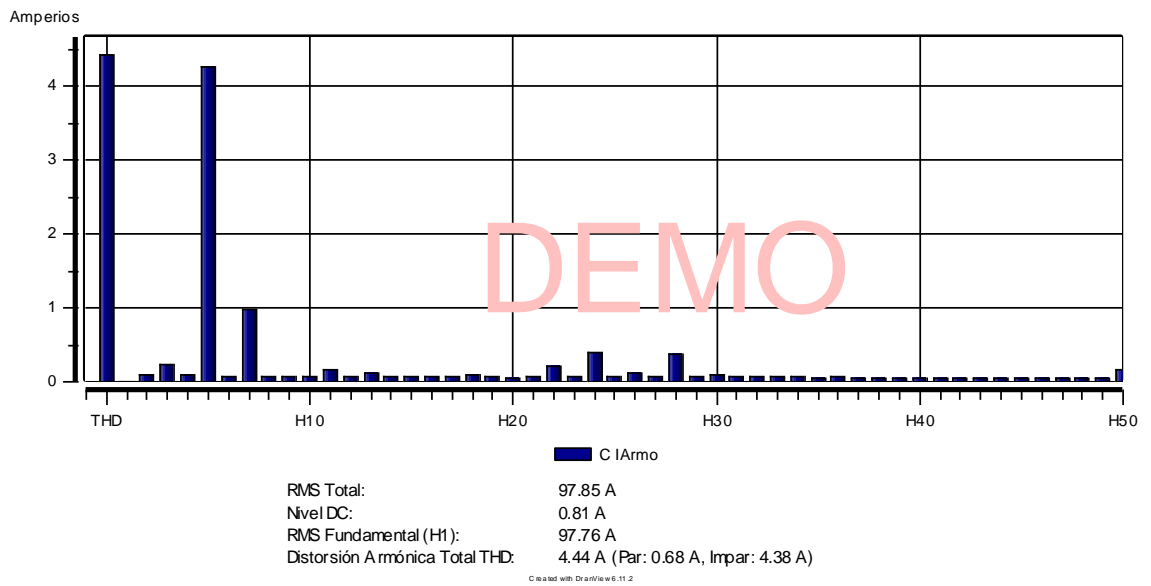
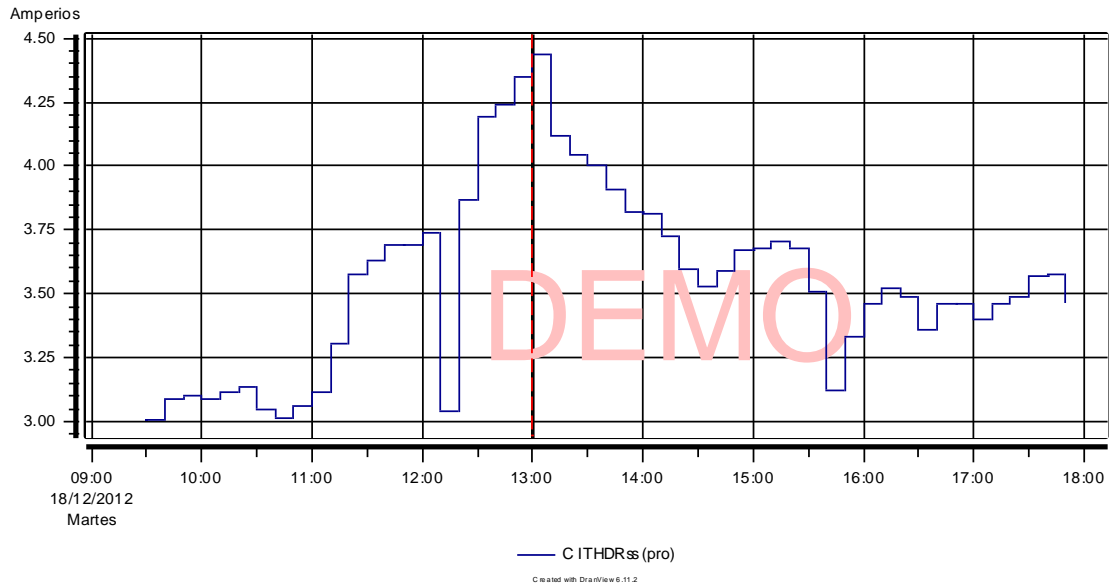


DIAGRAMA DE FASE DEL C ARMÓNICO

Sitio: Auditorio Fundadores

INTENSIDAD



INFORME RESUMEN MIN/MAX/PRO

Sitio: Auditorio Fundadores

TENSIÓN

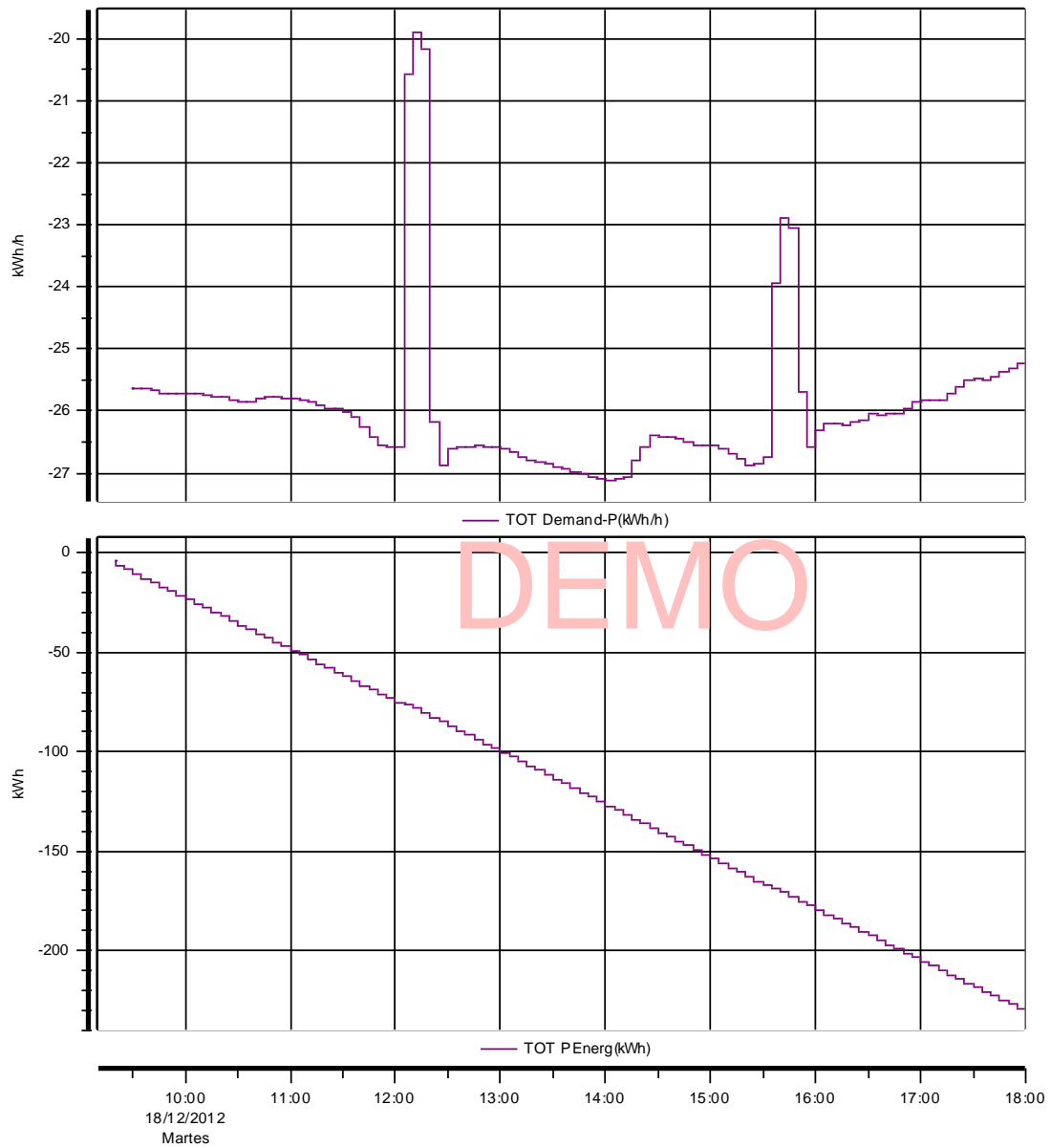
	Canal A	Canal B
Min Voltios	115.46 en 18/12/2012 12:10:00	85.48 en 18/12/2012 12:10:00
Máx Voltios	132.76 en 18/12/2012 12:10:00	132.06 en 18/12/2012 12:10:00
Mediana Voltios	126.05	125.59
Promedio Voltios	126.29	125.94
	Canal C	Canal A-B
Min Voltios	43.47 en 18/12/2012 12:10:00	196.51 en 18/12/2012 12:10:00
Máx Voltios	134.42 en 18/12/2012 12:10:00	229.23 en 18/12/2012 12:10:00
Mediana Voltios	127.55	218.02
Promedio Voltios	127.79	218.47
	Canal B-C	Canal C-A
Min Voltios	88.91 en 18/12/2012 12:10:00	145.65 en 18/12/2012 12:10:00
Máx Voltios	230.60 en 18/12/2012 12:10:00	231.63 en 18/12/2012 12:10:00
Mediana Voltios	219.06	219.84
Promedio Voltios	219.55	220.19

INTENSIDAD

	Canal A	Canal B
Min Amperios	14.95 en 18/12/2012 12:10:00	12.68 en 18/12/2012 12:10:00
Máx Amperios	254.65 en 18/12/2012 12:10:00	279.75 en 18/12/2012 15:50:00
Mediana Amperios	66.21	79.82
Promedio Amperios	65.89	79.40
	Canal C	
Min Amperios	12.24 en 18/12/2012 12:10:00	
Máx Amperios	285.27 en 18/12/2012 15:50:00	
Mediana Amperios	96.40	
Promedio Amperios	95.23	

DIAGRAMAS DE DEMANDA Y ENERGÍA

Sitio: Auditorio Fundadores



INFORME DE POTENCIA MIN/MAX/PRO

Sitio: Auditorio Fundadores

POTENCIA

POTENCIA ACTIVA P(W)

	A	B	C	TOTAL
Min kW	-8.703	-11.369	-11.819	-31.890 en 18/12/2012 12:20:00
Máx kW	2.263	-1.193	-0.773	0.244 en 18/12/2012 12:10:00
Mediana kW	-6.929	-9.512	-9.735	-26.079
Promedio kW	-6.905	-9.427	-9.635	-25.966

POTENCIA APARENTE, S(VA)

	A	B	C	TOTAL
Min kVA	2.218	1.757	1.963	5.939 en 18/12/2012 12:10:00
Máx kVA	10.281	12.004	14.447	36.608 en 18/12/2012 12:20:00
Mediana kVA	8.329	10.057	12.301	30.596
Promedio kVA	8.319	9.997	12.165	30.481

POTENCIA REACTIVA Q, A LA FREC. FUND.

	A	B	C	TOTAL
Min kVAR	-5.079	-4.522	-8.222	-17.107 en 18/12/2012 12:20:00
Máx kVAR	3.948	1.335	-1.788	-0.472 en 18/12/2012 12:10:00
Mediana kVAR	-4.565	-3.217	-7.424	-15.250
Promedio kVAR	-4.532	-3.244	-7.358	-15.134

FACTOR DE POTENCIA

	A	B	C	TOTAL
Min	-0.996	-0.681	0.392	0.518 en 18/12/2012 12:10:00
Máx	0.997	0.983	0.825	0.971 en 18/12/2012 12:10:00
Mediana	0.833	0.946	0.792	0.856
Promedio	0.833	0.907	0.790	0.856

DEMANDA**DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA**

	A	B	C	TOTAL
Min kWh/h				-27.111 en 18/12/2012
14:05:00				
Máx kWh/h				-19.904 en 18/12/2012
12:15:00				
Mediana kWh/h				-26.101
Promedio kWh/h				-25.966

ENERGÍA**ENERGÍA ACTIVA (WH)**

	A	B	C	TOTAL
kWh	60.06	81.58	83.28	224.91 en 18/12/2012 09:20:00

ANEXO D. ESTUDIO DE CARGAS TERMICAS

AUDITORIO LUIS A. CALVO

Para el cálculo del sistema de refrigeración se tiene cuenta las cargas correspondiente a:

- Paredes
- Vidrios
- Techos
- Personas
- Equipos
- Alumbrado

También debe tenerse en cuenta la impulsión de aire, las infiltraciones y ventilación del local.

HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA EL CÁLCULO

Esta herramienta se diseñó a través de un trabajo de grado por estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica de Universidad Industrial de Santander con el fin de dar apoyo a los interesados en realizar un cálculo de carga térmica. El trabajo de grado presente solo está interesado en algunos módulos de la herramienta, debido a que al uso de un cálculo detallado resulta tedioso a la hora de realizarlo. El programa está basado en el Manual de Fundamentos ASHRAE de 1989. Para propósitos de confort humano se recomienda aplicar el estándar 55 de 2004 de la ASHRAE. Dado que el rango de temperaturas operativas es amplio (22.5-26.1° C) una temperatura de bulbo seco de 24° C (modificada ligeramente por la TRM para establecer la Top) será adecuada.

Para el cálculo de carga térmica se tiene en cuenta unas entradas tales como:

Características de almacenamiento térmico:

- Programación de la operación del sistema en las horas del día durante las condiciones pico externas.
- Rango permisible de variación de temperatura en el espacio durante el día de diseño.
- Capacidades de almacenamiento de los materiales de construcción, de las paredes, de los pisos, los muebles y equipos.

Operación continua o intermitente:

- Tiempo de operación del sistema en un día de oficina.
- Si el espacio opera continuamente o intermitentemente.

Datos Generales

Universidad industrial de Santander

DATOS DE ENTRADA PARA EL CALCULO DE LA CARGA TERMICA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Datos Generales de Diseño

1. Ciudad: BUCARAMANGA

2. Tipo de Local: AUDITORIO LUIS A. CALVO

3. Ubicación del Local: Latitud 8

4. Mes y Hora de Diseño: Mes: Noviembre, Hora: 15

5. Condiciones Ambientales

5.1. Exteriores: Temperatura (°F) 30, °C, Humedad Relativa (%) 84.9

5.2. Interiores: Temperatura (°F) 23, °C, Humedad Relativa (%) 65.77

Continuar

Como el diseño es para la carga máxima, se hace un conteo de las diferentes fuentes de calor. A continuación se describe cada tipo de carga en las divisiones del edificio.

MÓDULO PAREDES

RESULTADOS PAREDES							
	ORIENTACIÓN	PARED	U(Btu/(h-ft...)	ÁREA(ft^2)	CLTD(F)	CLTDcorre...	Q (Btu/h)
1	N-W	Soleada	0.1110	2306	14	9.9000	2534
2	N-E	Soleada	0.1110	3121	17	12.3900	4293
3	N-W	Soleada	0.1110	2368	14	9.9000	2602
4	N-E	Soleada	0.1110	3121	17	12.3900	4292

Q Total paredes= 13721 BTU/h

MÓDULO DE TECHOS

A de techo= 300 m2

Material y especificaciones de techo.

Lámina de acero Lámina de acero con 1 o 2 pulgadas de aislamiento.

Área m^2

Color y Ubicación

 Techo de color oscuro o iluminado en área industrial

 Techo de color claro área rural

Cieloraso

 Techo con cielo raso

 Techo sin cielo raso

 Ventilación entre el cieloraso y el techo

Seleccione si existe v

4. Resultados

Peso	9	lb/ft^2
CLTD	78	(°F)
U	0.134	(Btu/h*ft^2*F)
CLTDcorregido	45.825	°F
Q	19828	(Btu/h)

Q Total techo= 19828 BTU/h

MÓDULO DE VIDRIOS

Sólo existe vidrio en la pared NW del auditorio con las siguientes especificaciones:

- Vidrio sencillo claro de 1/4" a 1/2 "
- Ventanas con marco metálico, 80% vidrio

CONDUCCIÓN EN VIDRIOS $Q=U*CLTD*A$							
	AREA(ft^2)	ORIENTACIÓN	U(Btu/hr*ft...)	Ucorr	CLTD(°F)	CLTDcorr(°F)	Q (Btu/h)
1	474	N-W	1.0500	1.0500	14	19.6000	9762

Q Total vidrios= 9762 BTU/h

MÓDULO ALUMBRADO

Existen 200 portalámparas incrustadas con bombillas ahorradoras en el cielorraso del auditorio, que tiene una forma de media luna. Cada uno con la misma carga de alumbrado con 15 W.

También existen unas luces llamadas PAR 64 de 1000 W cada una y su número es de 33.

Para las bombillas ahorradoras se tiene lo siguiente: **Qalumbrado= 6606 BTU/h**

Resultados	
Carga Térmica (Btu/h), Qs	6606
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.74
Fracción de Calor en Uso, Fu	0.85
Factor de Balastro, Fs	1.1

Para las luces PAR 64 se tiene lo siguiente **Q alumbrado= 16452 BTU/h**

Resultados	
Carga Térmica (Btu/h), Qs	16452
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.68
Fracción de Calor en Uso, Fu	1
Factor de Balastro, Fs	1

Q Total alumbrado = 23058 BTU/h

MÓDULO PERSONAS

Módulo_Personas

Ayuda

MÓDULO DE PERSONAS

$Q_s = q_s / \text{persona} * \text{No. de personas} * CLF$
 $Q_{lat} = q_l / \text{persona} * \text{No. de personas}$

1. Número de Personas

Conozco el Número de Personas No Conozco el Número de Personas

<p>NIÑOS</p> <p>Niños <input type="text" value="1"/></p>		<p>Categoría <input type="text" value="Centros Educativos"/></p>
<p>ADULTOS</p> <p>Mujeres <input type="text" value="1"/></p> <p>Hombres <input type="text" value="1"/></p>		<p>Espacio <input type="text"/></p> <p>Densidad de Ocupantes # personas / 1000 ft2 <input type="text" value="100"/></p> <p>Área del Piso <input type="text" value="918"/> m²</p> <p>Número de Personas <input type="text" value="989"/></p>

2. Actividad

Grado de Actividad

Aplicación Típica
 Teatro, Cine (Matinée)

3. Permanencia


Permanencia en el Recinto

Hora de Ingreso al Recinto

Horas Transcurridas

El Aire se Apaga Después de las 5:00 pm

4. Calcular



Resultados

Calor Sensible (Btu/h)	182058
Calor Latente (Btu/h)	101237
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.83
Calor Total (Btu/h)	283295

Q Total personas = 283295 BTU/h

CARGA ASOCIADA A EQUIPOS

CANTIDAD	EQUIPOS	CONSUMO POR EQUIPO (W)	CONSUMO TOTAL (W)
1	COMPUTADOR	300	300
1	PROYECTOR DE CINE	2000	2000
1	SONIDO	12000	12000
TOTAL			14300 W

14300 W Equivalen a 48791,5 BTU/h, es decir, **Q Total equipos = 48791,5 BTU/h**

CALOR APORTADO POR CADA MODULO

MODULO	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL
Paredes	13721	0	13721
Techos	19828	0	19828
Vidrios	9762	0	9762
Alumbrado	23058	0	23058
Personas	182058	101237	283295
Equipos	48791,5	0	48791,5
TOTAL	297218.5	101237	398455.5

El calor total generado es de 398455.5 BTU/hr lo cual equivale a 33.2 Ton.

MÓDULO INFILTRACIÓN Y VENTILACIÓN

Ventilación:

CRITERIO: número de personas.

Volumen total del local: 10642 m³.

MÓDULO DE VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN
 $Q_s = 1.10 \cdot DT \cdot CFM$ $Q_l = 4840 \cdot DW \cdot CFM$

Ambiente

Exterior		Interior	
Temperatura bs. (F)	Humedad Absoluta (lb/lb)	Temperatura bs. (F)	Humedad Absoluta (lb/lb)
86	0.0254959	23	0.00196171

1. Ventilación

1.1 Criterio

Número de Personas: 989

Área del Piso: 1527 m²

1.2 Aplicación

Categoría: Centros Educativos

Espacio: Auditorio Multiusos

Rata de Ventilación Mínima (CFM / Persona): 7.5

Porcentaje de Incremento (%): 0

2. Infiltración y Extracción

Recinto: Volumen del Recinto: 10642 m³

2.1 Infiltración

Ventanas y puertas exteriores sin sello especial

Ventanas y puertas exteriores con sello especial

ACH (0-2): 0.036

2.2 Extracción

Aplicación del local: Auditorios

ACH: 22.5

3. Calcular

Calcular

Limpiar

Volver

Resultados

Caudales		Calores	
Ventilación (cfm)	7417.5	Calor Sensible Total (Btu/h)	514033
Infiltración (cfm)	221.648	Calor Latente Total (Btu/h)	844894
Extracción (cfm)	4617.67	Carga Térmica Total (Btu/h)	1.35893e+06
Ventilación e Infiltración (cfm)	7639.15		

El caudal de ventilación es mucho mayor a la suma de los caudales de extracción y ventilación. Por lo tanto, no se considera la carga térmica aportada por la infiltración.

AUDITORIO FUNDADORES

Las condiciones interiores y exteriores del auditorio se muestran en la siguiente figura.

The image shows a software window titled "Datos Generales" with a light green background. At the top left, there is a logo for "Universidad Industrial de Santander" and its emblem. The main title in the center reads "DATOS DE ENTRADA PARA EL CALCULO DE LA CARGA TERMICA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO". Below this, the form is organized into sections:

- Datos Generales de Diseño**
 - 1. Ciudad:** BUCARAMANGA (dropdown menu)
 - 2. Tipo de Local:** AUDITORIO FUNDADORES (text input)
 - 3. Ubicación del Local:** Latitud 8 (dropdown menu)
 - 4. Mes y Hora de Diseño:** Mes: Noviembre (dropdown menu), Hora: 15 (dropdown menu)
- 5. Condiciones Ambientales**
 - 5.1. Exteriores:** Temperatura (°F): 28.7 (input), °C (dropdown menu), Humedad Relativa (%): 84.9 (input)
 - 5.2. Interiores:** Temperatura (°F): 23 (input), °C (dropdown menu), Humedad Relativa (%): 65 (input)

At the bottom center, there is a green button labeled "Continuar".

Resultados de las paredes

Para obtener estos resultados, el software requiere de información como número de paredes y cantidad de capas y su espesor especificando cada elemento que compone esta pared.

RESULTADOS PAREDES							
	ORIENTACIÓN	PARED	U(Btu/(h-ft...)	ÁREA(ft^2)	CLTD(F)	CLTDcorre...	Q (Btu/h)
1	N-W	Soleada	0.1110	1937	14	11.2600	2422
2	N-E	Soleada	0.1110	1937	17	14.2600	3067
3	-	Particion	0.1110	872	10	2.3000	223
4	S-W	Soleada	0.1110	872	17	23.2600	2251

Q Total Paredes = 7953 Btu/h

Para el módulo de techo se introdujo en el software un área de 550 m² con cielo raso.

2. Datos del techo

Área m² ▼

Color y Ubicación

Techo de color oscuro o iluminado en área industrial

Techo de color claro área rural

Cieloraso

Techo con cielo raso

Techo sin cielo raso

Ventilación entre el cieloraso y el techo

4. Resultados	
Peso	77 lb/ft ²
CLTD	26 (°F)
U	0.082 (Btu/h*ft ² *F)
CLTDcorregido	25.26 °F
Q	12262 (Btu/h)

Q Total techo = 12262 Btu/h

Para el módulo de vidrios

Sólo existe vidrio en la pared SE del auditorio con las siguientes especificaciones:

- Vidrio sencillo claro de 1/4" a 1/2 "
- Ventanas con marco metálico, 80% vidrio

CONDUCCIÓN EN VIDRIOS $Q=U*CLTD*A$							
	AREA(ft^2)	ORIENTACIÓN	U(Btu/hr*ft...	Ucorr	CLTD(°F)	CLTDcorr(°F)	Q (Btu/h)
1	52	S-E	0.8200	0.8200	14	17.2600	743

	NÚMERO	VIDRIO	AREA	ORIENTACI...	SC	SHGF(Btu/...	CLF	Q (Btu/h)
	1	Sombra	0	S-E	0	0	0	0
	1	Soleada	52.4726	S-E	0.3900	233	0.2500	1192

Resultados	
Carga Térmica (Btu/h), Qs	713
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.88
Fracción de Calor en Uso, Fu	1
Factor de Balastro, Fs	1.1

Arrojando como resultado la carga térmica de **Q Total vidrios = 713 Btu/h** para el módulo de vidrios.

MÓDULO ALUMBRADO

Existen 111 bombillas ahorradoras, 23 de 14 W y 88 de 25 W.

Resultados	
Carga Térmica (Btu/h), Qs	893
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.85
Fracción de Calor en Uso, Fu	0.869565
	1.1

Teniendo en cuenta las bombillas de 14 W, entonces se tiene un **Q = 893 BTU/h**.

Para el siguiente se toma las bombillas de 25 W.

Resultados	
Carga Térmica (Btu/h), Qs	7014
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.85
Fracción de Calor en Uso, Fu	1
Factor de Balastro, Fs	1.1

Entonces $Q = 7014 \text{ BTU/h}$. Por lo tanto $Q \text{ Total alumbrado} = 7907 \text{ BTU/h}$.

MODULO PERSONAS

Módulo_Personas

Ayuda

MÓDULO DE PERSONAS

$Qs=qs/persona*No. de personas*CLF$
 $Qlat=ql/persona*No. de personas$

1. Número de Personas

Conozco el Número de Personas No Conozco el Número de Personas

<p>NIÑOS</p> <p>Niños: <input type="text" value="1"/></p>		<p>Categoría: <input type="text" value="Centros Educativos"/></p>
<p>ADULTOS</p> <p>Mujeres: <input type="text" value="150"/></p> <p>Hombres: <input type="text" value="150"/></p>		<p>Espacio: <input type="text" value="Salones de Conferenci..."/></p>
		<p>Densidad de Ocupantes # personas / 1000 ft2: <input type="text" value="150"/></p>
		<p>Área del Piso: <input type="text" value="200"/> m²</p>
		<p>Número de Personas: <input type="text" value="323"/></p>

2. Actividad

Grado de Actividad:

Aplicación Típica
Teatro, Cine (Matinée)

3. Permanencia


Permanencia en el Recinto:

Hora de Ingreso al Recinto:

Horas Transcurridas:

El Aire se Apaga Después de las 5:00 pm

4. Calcular



Resultados

Calor Sensible (Btu/h)	59459
Calor Latente (Btu/h)	33063
Factor de Carga de Enfriamiento, CLF	0.83
Calor Total (Btu/h)	92522

EL calor sensible dentro del auditorio emitido por las personas para un evento tal que su capacidad esté a tope sería **59459 Btu/h** y el calor latente de **33063 Btu/h**, para un **Q Total personas = 92522 BTU/h**.

CARGA ASOCIADA A EQUIPOS

CANTIDAD	EQUIPOS	CONSUMO POR EQUIPO (W)	CONSUMO TOTAL (W)
1	COMPUTADORES	300	300
1	VIDEO BEAM	750	750
1	SONIDO	2000	2000
TOTAL			3050 W

3050 W Equivalen a **10407 BTU/h**, es decir, **Q Total equipos = 10407 BTU/h**

CALOR APORTADO POR CADA MODULO

MODULO	CALOR SENSIBLE	CALOR LATENTE	CALOR TOTAL
Paredes	7953	0	7953
Techos	12262	0	12262
Vidrios	713	0	713
Alumbrado	7907	0	23058
Personas	59459	33063	92522
Equipos	10407	0	10407
TOTAL	98701	33063	131764

El calor total generado es de **131764 BTU/hr** lo cual equivale a **10.98 Ton.**

MÓDULO VENTILACIÓN E INFLITRACIÓN

Modulo_Ventilacion

Ayuda

MÓDULO DE VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN

$Q_s = 1.10 \cdot DT \cdot CFM$ $Q_I = 4840 \cdot DW \cdot CFM$

Ambiente Exterior

Temperatura bs. (F): 83.66

Humedad Absoluta (lb/lb): 0.0236555

Ambiente Interior

Temperatura bs. (F): 23

Humedad Absoluta (lb/lb): 0.00193875

1. Ventilación

1.1 Criterio

Número de Personas: 404

Área del Piso: 1000 ft²

1.2 Aplicación

Categoría: Centros Educativos

Espacio: Auditorio Multiusos

Rata de Ventilación Mínima (CFM / Persona): 7.5

Porcentaje de Incremento (%): 0

2. Infiltración y Extracción

Recinto: Volumen del Recinto: 1852 m³

Ventanas y puertas exteriores sin sello especial

Ventanas y puertas exteriores con sello especial

Cuartos con ventanas ... ACH (0-2): 0.027

2.2 Extracción

Aplicación del local: Almacenamiento de Ali...

ACH: 10

3. Calcular

Calcular

Limpiar

Volver

Resultados

Caudales

Ventilación (cfm): 3030

Infiltración (cfm): 29.4274

Extracción (cfm): 363.301

Ventilación e Infiltración (cfm): 3059.43

Calores

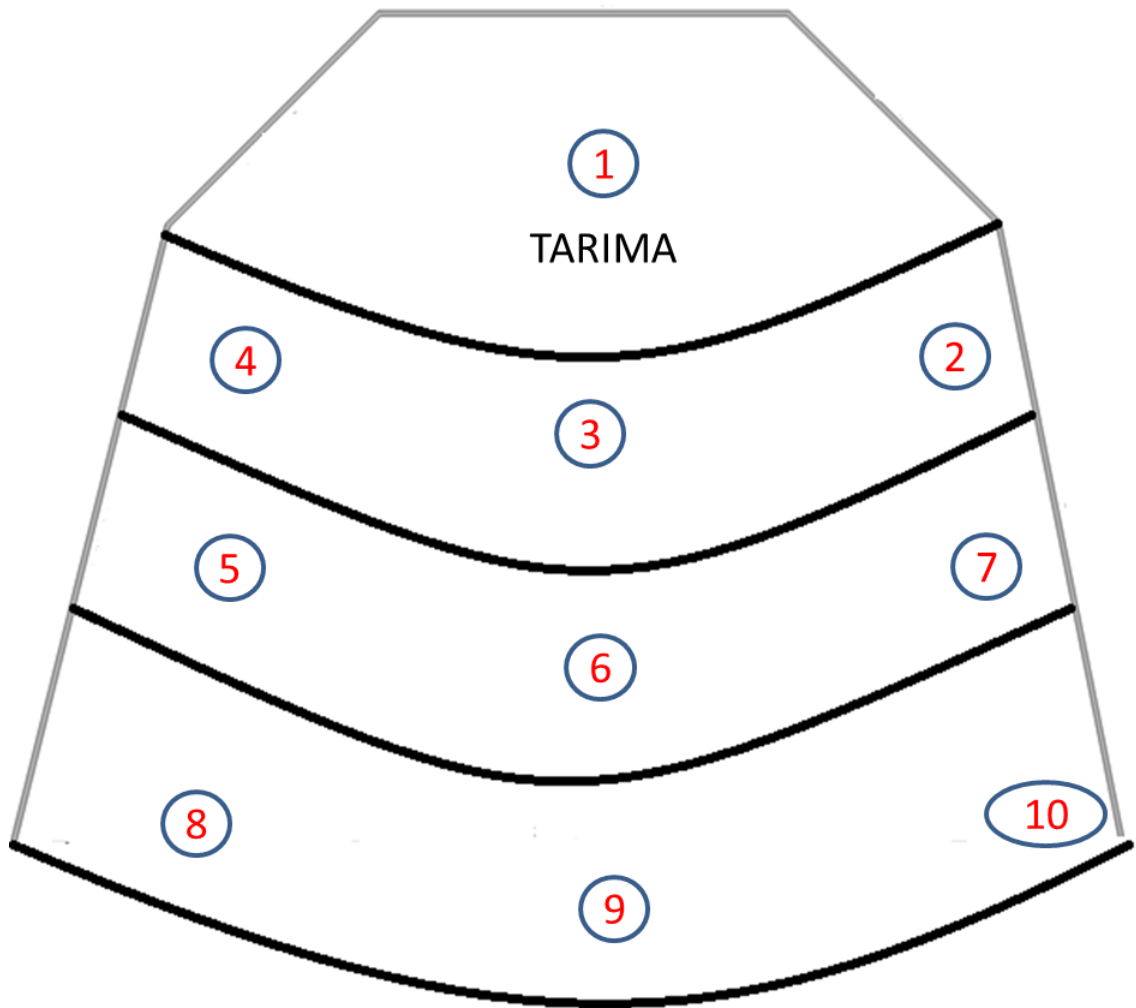
Calor Sensible Total (Btu/h): 202180

Calor Latente Total (Btu/h): 318480

Carga Térmica Total (Btu/h): 520660

Al igual que el caso del Auditorio Luis A. Calvo, el caudal de ventilación es mucho mayor a la suma de los caudales de extracción y ventilación. Por lo tanto, no se considera la carga térmica aportada por la infiltración.

MEDICIÓN DENTRO DEL RECINTO



Este es un esquema general del plano de los auditorios. Básicamente éstos tienen la misma forma

La medición se realizó con varios puntos teniendo en cuenta en cada uno temperatura, ppm CO₂, humedad relativa, temperatura de bulbo húmedo y temperatura de punto de rocío. A continuación se mostrará tabulado los datos medidos.

AUDITORIO LUIS A. CALVO

Punto	Temperatura (°C)	PPM CO₂	Humedad Relativa (%)	Temp. BH (°C)	Temp. Punto rocío (°C)
1	24	525	63,7	16,7	18,9
2	23,5	502	64,7	18,5	16,5
3	23,3	491	65	18,8	16,1
4	23	465	65,7	18,1	16,8
5	22,7	462	66,8	18,2	16
6	22,7	467	66,5	18,4	16,1
7	22,7	466	65,5	18,1	16
8	22,6	487	65,8	18,1	16
9	23	500	64,4	18	15,8
10	22,8	486	66	18	15,8

AUDITORIO FUNDADORES

Punto	Temperatura (°C)	PPM CO₂	Humedad Relativa (%)	Temp. BH (°C)	Temp. Punto rocío (°C)
1	22,6	523	63,4	17,6	15,3
2	22,1	523	64,2	17,4	15
3	22	513	64,7	17,3	15,2
4	22	518	64,8	17,2	15,1
5	21,8	518	65	17,2	15
6	22	538	65,3	17,4	15,2
7	22,1	534	65	17,4	15,1
8	22	517	64,7	17,4	15,2
9	22	517	64,6	17,4	15,2
10	22,1	526	64	17,3	15,1