

PROYECTO FINAL DE GRADO

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
ENFRIAMIENTO DE LA GRANJA DE CRIPTOMINERÍA
BITDRAGON, UBICADO EN LA CIUDAD DEL
VILLARRICA, DPTO. DE GUAIRÁ.**

CARLOS JOSE ROJAS ESPINOZA

TUTOR: PROF. ING. ANTONIO ZORRILLA

CORONEL OVIEDO



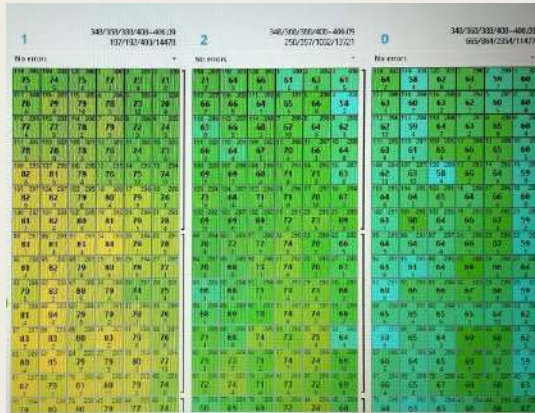
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pequeña granja de criptodivisas BitDragon opera en Villarrica con 6 máquinas con una producción aproximada de 50.49 TH/s lo que contrasta mucho con la tasa de producción nominal que es de 110 TH/s. Es evidente que los dispositivos no se encuentran funcionando al máximo de su capacidad y esto es debido a que no están sometidos a un sistema de regulación de temperatura automático adecuado.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A los 4 minutos de funcionamiento



A los 6 minutos de funcionamiento



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Potencia de cómputo (Computing power)	104T	100T	96T	92T	88T	84T
Tasa de hash (Hashrate), TH/s	104 ± 3%	100 ± 3%	96 ± 3%	92 ± 3%	88 ± 3%	84 ± 3%
Consumo eléctrico (medido desde la red) a 25 °C, en vatios	3068 ± 5%	2950 ± 5%	2832 ± 5%	2714 ± 5%	2596 ± 5%	2478 ± 5%

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.

OBJETIVO GENERAL

- Realizar una propuesta de automatización del sistema de enfriamiento de la granja de criptominería BitDragon, ubicado en la ciudad de Villarrica, dpto. de Guairá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el relevamiento de datos.
- Identificar puntos clave en la transmisión de temperatura.
- Definir los dispositivos y componentes necesarios para el sistema automático de enfriamiento.
- Identificar y proponer el sistema de enfriamiento más factible para la granja de minería BitDragon.
- Identificar y proponer el sistema de control más factible para automatizar el sistema de enfriamiento de la granja de minería BitDragon.
- Crear una interfaz hombre máquina para el monitoreo y operación automático del sistema de control
- Realizar una evaluación técnica y económica de las posibles soluciones.
- Elaborar el presupuesto de la solución escogida.

METODOLOGÍA

**Investigación del tipo
aplicada.**

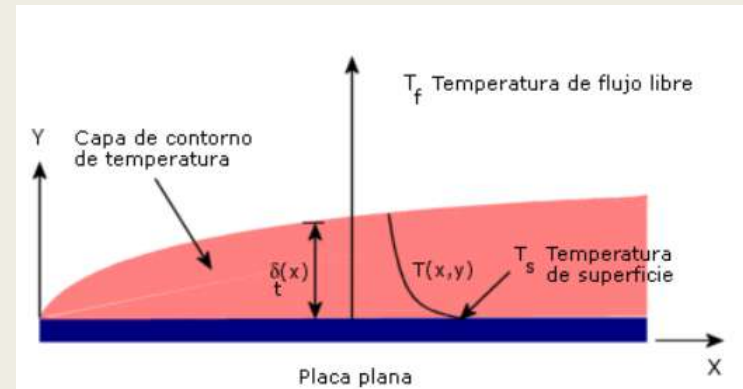
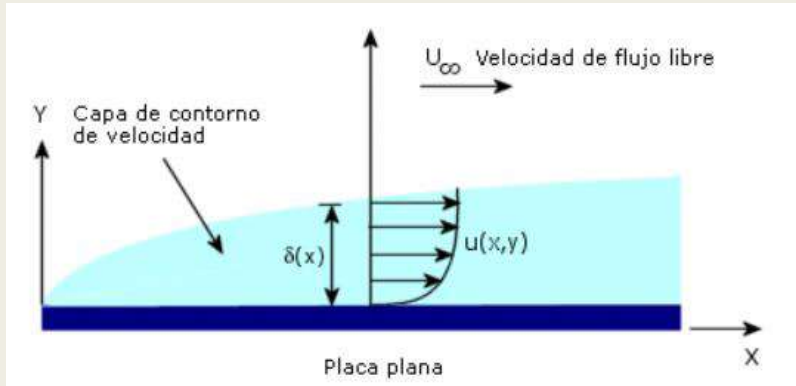
**Aplicando conocimientos
del área de Ingeniería
electrónica.**

De Carácter Experimental.

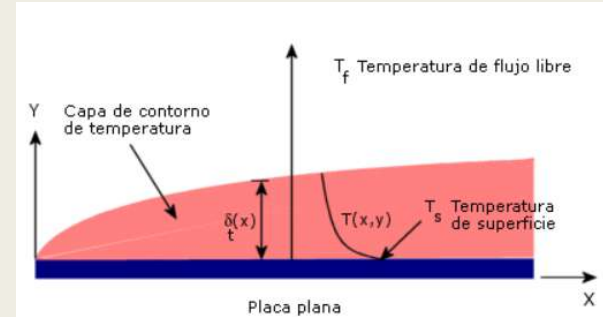
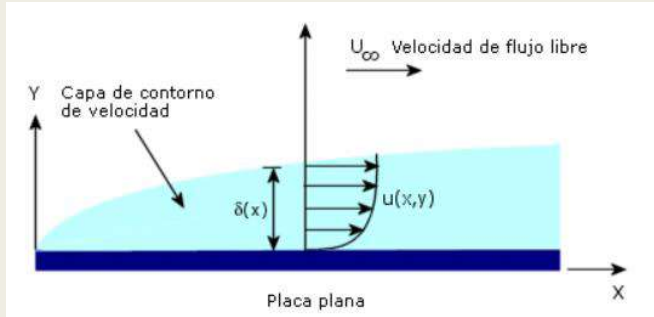
Con pruebas simuladas.

CONCEPTOS TEÓRICOS

a) Transferencia de calor por convección.



CONCEPTOS TEÓRICOS



- a) La ley de enfriamiento de Newton establece que la tasa de transferencia de calor que abandona una superficie a una temperatura T_s para pasar a un fluido del entorno a temperatura T_f se establece por la ecuación: $Q_{conv} = h A (T_s - T_f)$.
-

RECOLECCION DE DATOS

- Mediciones de campo.

- Entrevistas no estructuradas.

- Revisión documental.

RECOLECCION DE DATOS

Equipo	Consumo Eléctrico nominal	Dimensiones del disipador	Área del chip	Hashboards por equipo	Cantidad de chips	Cantidad proyectada
Antminer SJ19	3050w	140 x 120	25mm ²	3	114	10

Tipo de liquido	Volumen en tanque	Caudal a transportar	Temperatura del liquido
Agua destilada	50L	240L/H	10 a 20 grados

$$\Delta T = \frac{Q}{\dot{m} c_p} \quad \Delta T = \frac{4525}{276.5} = 16.4^\circ C$$

Se estima una variación de temperatura de entre 15 a 20 grados para el caudal a transportar.

INGENIERIA DE DISEÑO

DISEÑO DEL SISTEMA FÍSICO DE INTERCAMBIO DE TEMPERATURA

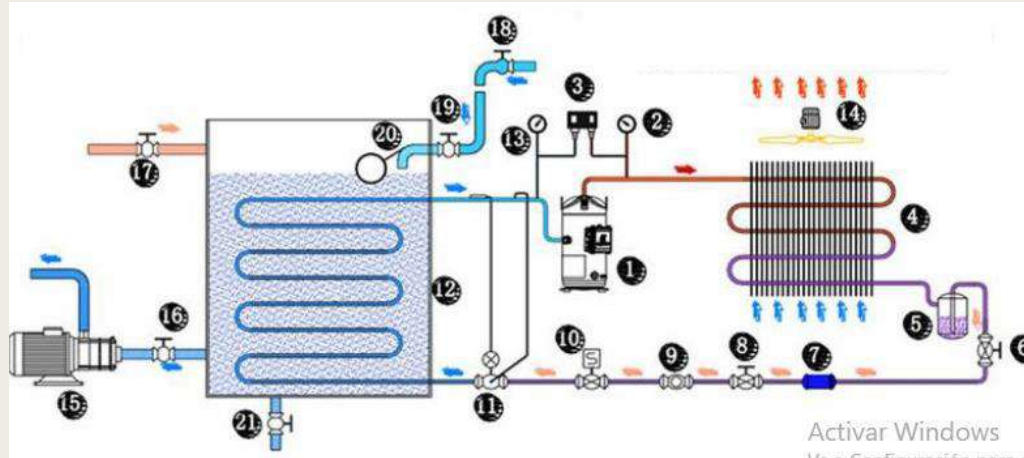
- **Compresor:** Toma refrigerante a baja presión y baja temperatura y lo comprime

- **Evaporador:** El Refrigerante vuelve a ser gas, enfriándose y absorbiendo calor

- **Condensador:** Condensa en líquido el refrigerante a medida que pierde calor

- **Filtro capilar:** controla la cantidad de refrigerante según la carga de enfriamiento.

SISTEMA DE RECIRCULACION



DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL REALIMENTADO

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE CONTROL

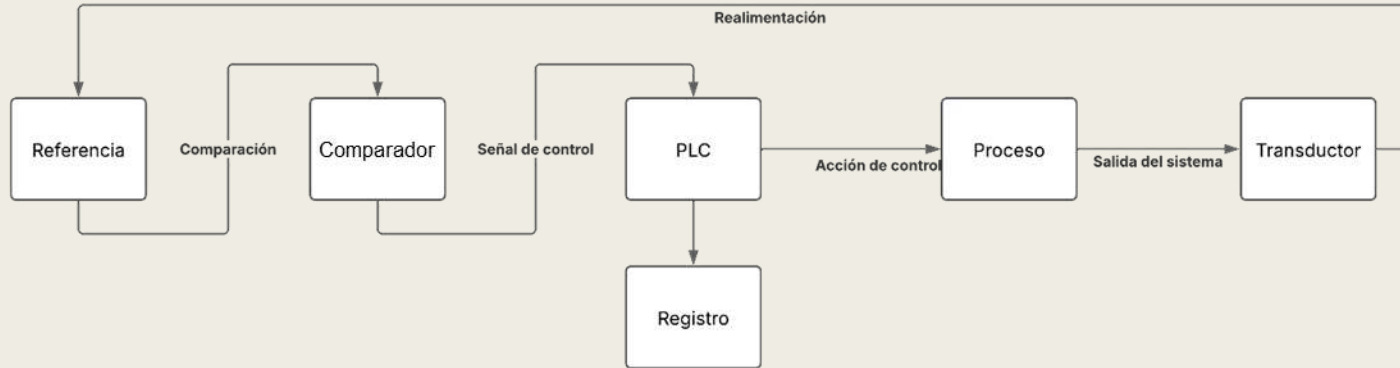
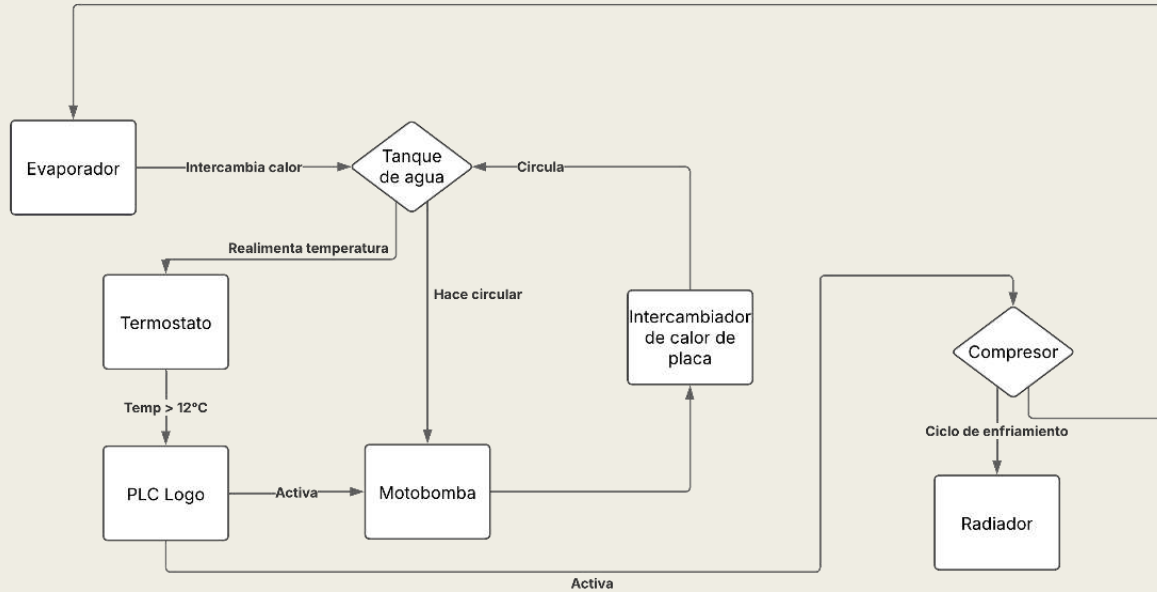


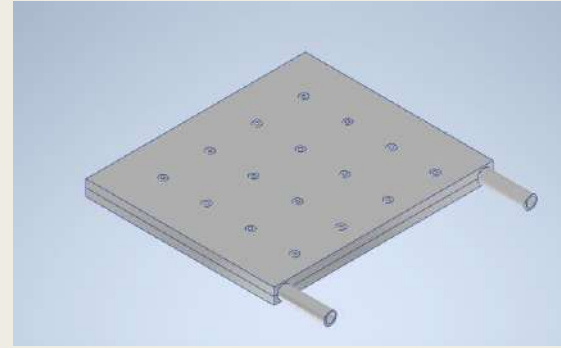
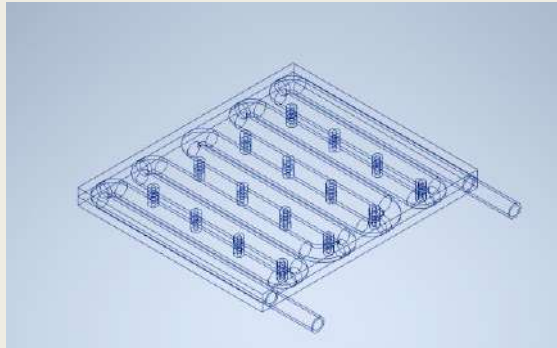
DIAGRAMA DETALLADO DEL SISTEMA DE CONTROL



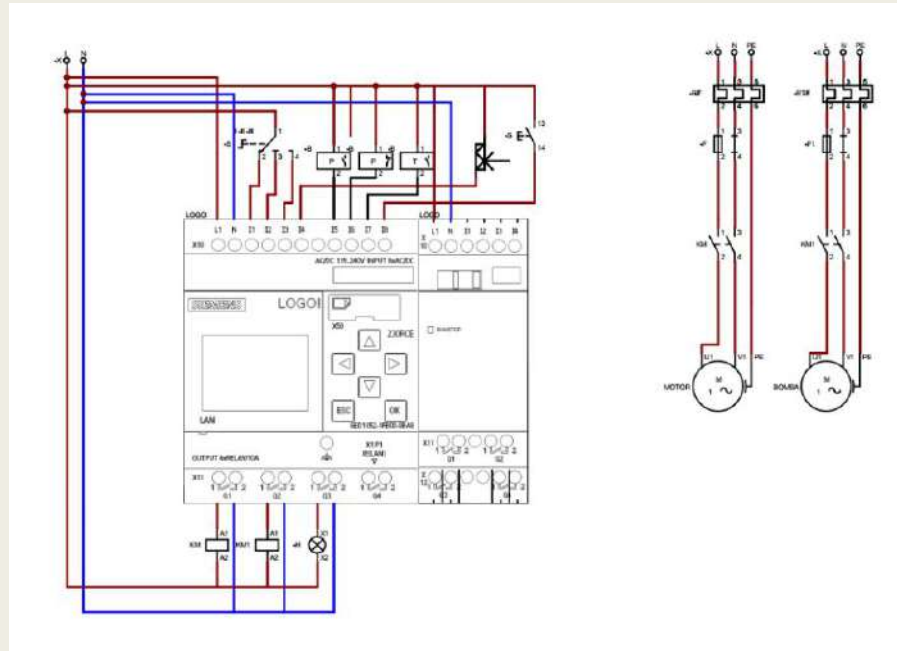
DISEÑO CAD.

DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE TEMPERATURA.

- Se realizo un diseño CAD de un intercambiador de calor mediante el Entorno de diseño gráfico 3D para para chapas y estructuras metálicas Autodesk Inventor.



DISEÑO DEL ESQUEMA ELÉCTRICO.



TRANSDUCTORES

Termostato



Presostato



Vigilante de tensión PT100



Relé Térmico



CONTROLADOR ELEGIDO



ACTUADORES

Motocompresor



Bomba de recirculación

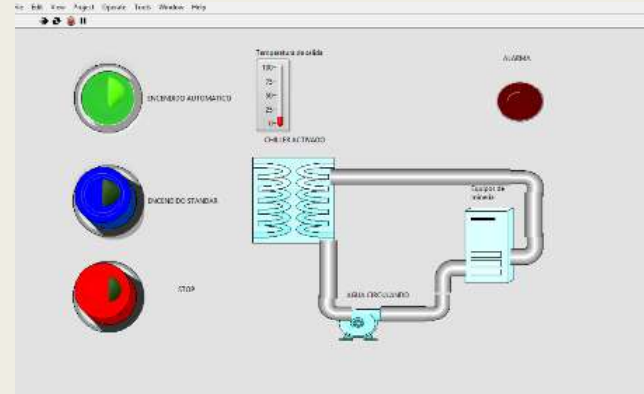
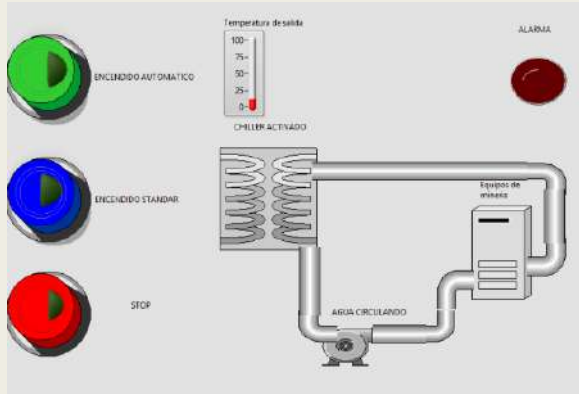


PROGRAMACION PLC

Entradas	Transductor	Salidas	Actuador
I1	Interruptor 3 posiciones	Q1	Alarma
I2	Interruptor 3 posiciones	Q2	Compresor
I3	Monitor de tensión	Q3	Bomba de agua
I4	Termostato		
I5	Presostato B		
I6	Presostato C		
I7	Relé térmico		
I9	Interruptor 3 posiciones		
A1	Sensor PT100		

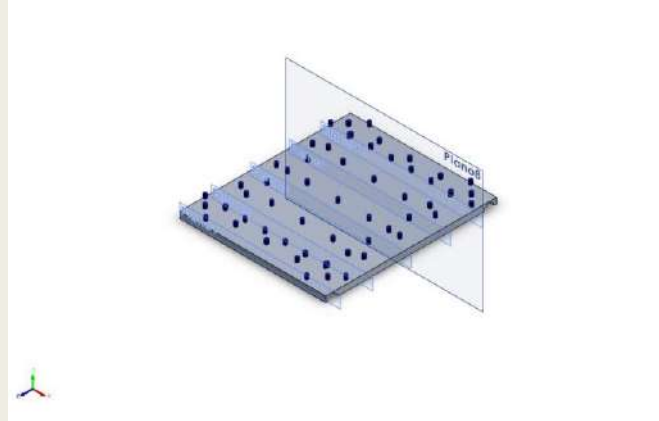
- **I1:** Envía un ALTO las compuertas AND b7, b11 y b10, que dejan lista para funcionar a la señal de alarma ante alguna señal de error. Envía un alto al SET de b20 que es el encargado de hacer funcionar el compresor
 - **I2:** Envía un alto al SET de b21 encargado de conmutar Q3, la bomba de agua.
 - **I3:** Cuando el sistema normal envía constantemente una señal de ALTO a TRG negado de B002 un temporizador que activa la alarma en caso de que haya una variación de tensión preocupante.
 - En caso que **I4** envíe un **ALTO** a la puerta a AND B14 que es la encargada de activar el compresor, en caso sea **BAJO** el compresor no está activado, así se cumple el ciclo de enfriamiento.
 - **I5 e I6:** Son los contactos B y C del presostato, Envían una señal de activación a la alarma por Diferencia de presión.
 - **I7:** Es activada por el Relé térmico, apaga el sistema y envía una señal de alarma.
 - **A1:** Captura lecturas de temperatura a la salida del ciclo de enfriamiento para monitorear desde el entorno HMI.
-

INTERFAZ




La interfaz HMI muestra un esquema del sistema de circulación de agua que representa visualmente el flujo del refrigerante desde el chiller hacia los equipos de minería. El agua circula a través de un intercambiador de calor, extrayendo el exceso de temperatura generado por los dispositivos. La animación del sistema permite al operador observar el estado del proceso en tiempo real, identificando fácilmente si el flujo de agua es continuo o si existe alguna anomalía en la circulación.

ANALISIS TERMICO



Nombre del modelo: INTERCAMBIADOR DE CALOR FINAL
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
<p>Pieza A Intercambiador de calor</p> 	Sólido	<p>Masa:0,145995 kg Volumen:5,40722e-05 m³ Densidad:2.700 kg/m³ Peso:1,43075 N</p>

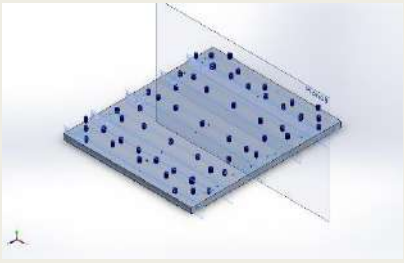
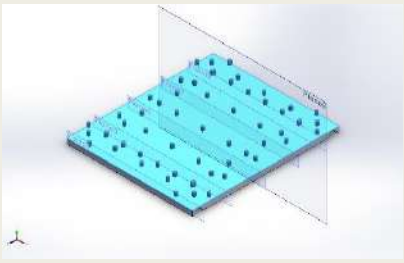
ANALISIS TERMICO

Tipo de estudio:

Nombre de estudio	Térmico 1
Tipo de análisis	Térmico(Estado estable)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Estado estable
¿Se definió la resistencia de contacto?	No

ANALISIS TERMICO

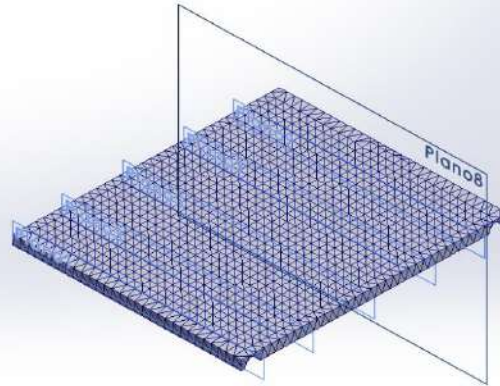
Cargas térmicas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Convección-1		<p>Entidades: 34 cara(s) Coeficiente de convección: 6.000 W/(m².K) Variación de tiempo: Desactivar Variación de temperatura: Desactivar Temperatura ambiente: 298,15 Kelvin Variación de tiempo: Desactivar</p>
Potencia calorífica-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Energía térmica Valor: 1500 W</p>

ANALISIS TERMICO

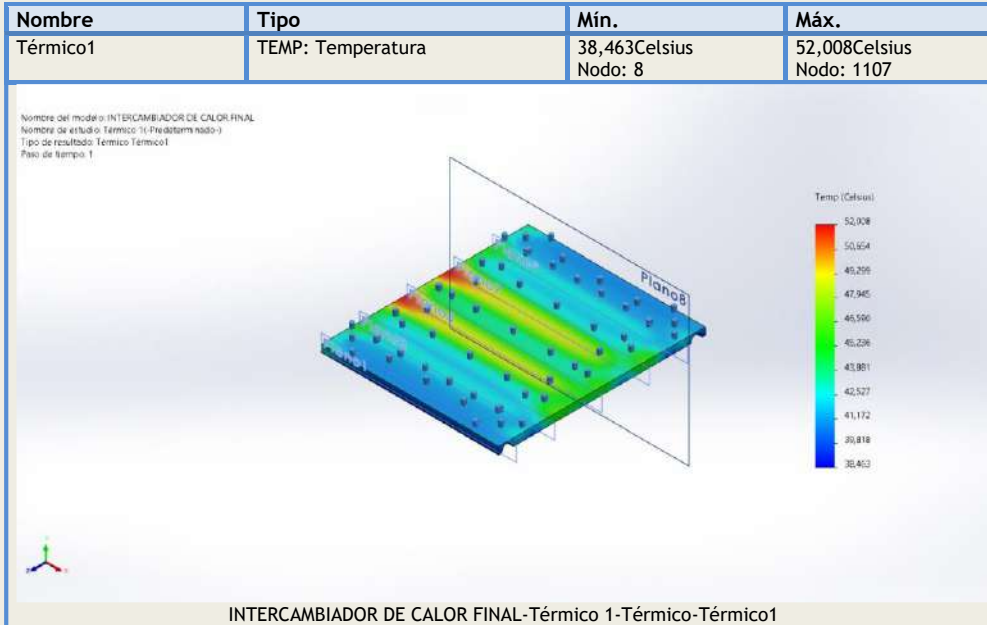
Tipo de Malla

Nombre del modelo: INTERCAMBIADOR DE CALOR FINAL
Nombre de estudio: Térmico 11-(Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



ANALISIS TERMICO

Resultados del Análisis



EVALUACIÓN DE COSTOS PARCIALES.



Elemento	Descripción	Precio
Compresor	Compresor Daytonna	€ 450.000
Evaporador	2m de tubo de cobre de 1/4"	€ 34.000
Radiador	Radiador condensador de 1/4	€ 231.000
Bomba de agua	Bomba de agua ACC 750W	€ 300.000
Tanque de agua	Bidon tipo garrafa de 50L	€ 50.000
Refrigerante	Recarga de gas refrigerante	€ 250.000
Agua destilada	5l Agua pura	€ 13.000
Cañería	Instalacion de cañeria completa	€ 70.000
PT100	Sensor PT100 Industrial	€ 130.000
Termostato	Controlador con termostato	€ 155.000
Intercambiador de calor	Costo de fabricacion por CNC	€ 150.000
Filtro capilar	Filtro molecular Consul	€ 30.000
Contactores	x2 contactores monofasicos 15A	€ 72.000
Vigilante de tensión	Supervisor de tension EI	€ 171.500
Presostato	Presostato Square D FSG-2	€ 60.700
PLC LOGO	PLC LOGO 24V	€ 1.250.000
Programación		€ 3.500.000
mano de obra instalación		€ 3.500.000
10% imprevistos		€ 1.000.000
Total		€ 11.417.200

ANALISIS TECNICO.

Consumo eléctrico mensual del sistema Actual:	540 Kwh
Hashrate Actual:	60. 49 TH/S
Consumo eléctrico mensual estimado del sistema propuesto:	168 Kwh
Hashrate estimado con el sistema propuesto:	100 TH/S

ANALISIS TECNICO.

Con 10 máquinas funcionando en óptimas condiciones se calcula la tasa de ingreso:

	1 Día	1 Semana	1 Mes
 Ingreso	0.00056650 BTC 49.39 USD	0.00394895 BTC 344.25 USD	0.01766169 BTC 1539.82 USD
 Coste elec.	0.00035786 BTC 31.20 USD	0.00250505 BTC 218.40 USD	0.01075083 BTC 937.30 USD
 Ganancia	0.00020863 BTC 18.19 USD	0.00144390 BTC 125.88 USD	0.00691086 BTC 602.52 USD

- Obteniendo así aproximadamente 600 dólares de ganancia por mes.
 - Obteniendo un retorno de la inversión en el primer semestre del sistema operando
-

CONCLUSIONES.

- Se ha comprobado la factibilidad técnica del diseño y fabricación de un intercambiador de calor personalizado para los hashboards de los equipos Antminer SJ19. A través de modelado CAD y simulaciones térmicas en SolidWorks.
 - Se validó que el diseño mantiene la temperatura dentro de los límites seguros de operación.
 - La automatización del sistema de enfriamiento permite una considerable reducción del consumo eléctrico, lo que representa una mejora significativa en eficiencia energética y una disminución del costo operativo.
-

CONCLUSIONES.

- El sistema automatizado mejora el hashrate de los equipos, aumentando de 60.49 TH/s a 100 TH/s aprox, lo que implica una optimización notable de los recursos computacionales disponibles.
- El sistema propuesto, incluyendo el intercambiador de calor, el sistema de control y la interfaz HMI, es escalable y replicable en otras granjas de tamaño similar, con las adaptaciones necesarias según el número y tipo de equipos.
- La integración de sistemas CAD, PLC Siemens LOGO!, entorno SCADA y componentes industriales ha permitido el desarrollo de una solución robusta, segura y controlable

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda iniciar la implementación del sistema en una sección piloto de la granja, con monitoreo constante, para luego escalar al resto de los equipos una vez validadas las condiciones de operación reales.
 - Se sugiere realizar un análisis de retorno de inversión (ROI) incluyendo no solo la ganancia en hashrate y reducción de costos eléctricos, sino también la extensión de vida útil de los equipos debido al control térmico.
 - Se recomienda considerar la implementación de paneles evaporativos para instalaciones industriales de mayor envergadura.
-

***¡GRACIAS POR
SU ATENCIÓN!***
