



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE
LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN
LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA
CEDAL S.A**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en
Electromecánica

Autores:

Atuña Siza Segundo Benjamin

Palomo Vega Alex Stalyn

Tutor Académico:

Ing. Ms.C. Freire Andrade Verónica Paulina

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros, Segundo Benjamin Atuña Siza y Alex Stalyn Palomo Vega, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA CEDAL S.A”, siendo la Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade, tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Segundo Benjamin Atuña Siza
C.C. 185021950-0

.....
Alex Stalyn Palomo Vega
C.C. 055039178-3



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA CEDAL S.A”, de SEGUNDO BENJAMIN ATUÑA SIZA y ALEX STALYN PALOMO VEGA, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto, 2022

Ing. Ms.C. Verónica Paulina Freire Andrade

C.C. 050205622-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes: Segundo Benjamin Atuña Siza y Alex Stalyn Palomo Vega con el título de Proyecto de titulación: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA CEDAL S.A”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto, 2022

Para constancia firman:

.....
Lector 1 (Presidente)
Ing. Edwin Homero Moreano Martínez
C.C. 050260750-0

.....
Lector 2
Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena
C.C. 050307290-2

.....
Lector 3
Ing. Luis Miguel Navarrete López
C.C. 180374728-4



ALUMINIO
GARANTIZADO

Departamento de fundición
(593)32-805117 ext.:5133
Sfundicion@corpesa.com

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 01 de septiembre del 2022

De mi consideración:

Yo, Bladimiro Hernán Navas Olmedo con número de ciudadanía N° 050069554-9, Jefe del Departamento de Fundición de la **CORPORACIÓN ECUATORIANA DE ALUMINIO CEDAL S.A.** Certifico: Que los señores Segundo Benjamin Atuña Siza con número de cédula N° 1850219500 y Alex Stalyn Palomo Vega con N° 0550391783, realizaron el proyecto de propuesta tecnológica “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063EN LA EMPRESA CEDAL S.A”.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para los interesados puedan hacer uso para los fines que crean convenientes.

Atentamente,



Ing. Msc. Bladimiro Hernán Navas Olmedo
Jefe del Departamento de Fundición CEDAL S.A
C.C. 050069554-9

AGRADECIMIENTOS

Hacia las personas que Dios puso en mi camino y que colaboraron de manera directa e indirecta en el presente trabajo.

Para todas las personas que forman parte de la empresa CEDAL S.A, en especial Ing. Bladimiro Navas quien me brindo todas las facilidades para realizar este proyecto, también al talento humano que forman parte de los departamentos de: Fundición, Mantenimiento, y a cada una de las diferentes áreas que conforma la empresa, gracias por su sencillez, humildad, colaboración y amistad hacia mi persona.

De igual manera a todo el talento humano que son parte de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, gracias por su amabilidad, calidez y solidaridad.

Un agradecimiento especial a todos mis profesores y en especial a mi tutora Ing. Verónica Paulina Freire Andrade, por haber sido quien respaldó y creyó en el proyecto realizado. A todos ustedes gracias, Dios los cuide siempre y que los llene de bendiciones.

BENJAMIN

AGRADECIMIENTOS

Toda mi gratitud está dirigida a Dios, por darme la vida, por llenarme de sabiduría para conseguir este logro tan importante, por estar conmigo en los momentos buenos y malos, y por darme la oportunidad de seguir cumpliendo mis anhelos.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrir sus puertas, por brindarme la oportunidad de ser parte de su entidad, agradecer en especial a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes con esfuerzo y dedicación compartieron sus sabios conocimientos.

A mis padres Alicia y Roberto, por su apoyo incondicional, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de humildad, sacrificio y superación.

A todas las personas quienes confiaron en mí, familiares y amigos, quienes compartieron alegrías y lograron que este sueño se haga realidad.

A mi tutora Ing. Ms.C. Verónica Freire, por haberme guiado en todo momento para el desarrollo de este trabajo, sus orientaciones fueron de gran ayuda ¡Gracias!

STALYN

DEDICATORIA

Este logro está dedicado a:

En primer lugar, a Dios quien me ha llenado de sabiduría y me ha cuidado durante todo el trayecto de mi vida, hasta el día de hoy.

A mis padres Segundo y María quienes, con todo su amor, sus consejos, su paciencia, su esfuerzo y dedicación, me han permitido alcanzar este sueño, gracias a su ejemplo de valentía, superación y nunca darse por vencido a pesar de las adversidades en la vida.

A todos mis familiares y amigos quienes siempre me han llenado de palabras de motivación y aliento para seguir luchando y no darme por vencido.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a la persona más maravillosa que pude haber conocido” D” gracias por confiar en mi por todas las palabras de aliento, por haber creído en mí y por haberte convertido en el rayito de sol en los días más deprimidos.

BENJAMIN

DEDICATORIA

Este logro va dedicado a:

A Dios, quien me acompaña y me levanta siempre de mi continuo tropiezo.

A mis familiares y amigos, quienes estuvieron pendientes de mí, aquellas personas que me brindaron sus sabios consejos para seguir adelante.

A mí esposa Cristina, quien me ha brindado su apoyo total, por confiar en mí, por estar a mi lado en los momentos y situaciones más difíciles, sin embargo, con sus palabras de motivación nunca me dejo caer.

STALYN

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. EL PROBLEMA.....	2
1.1.1. Planteamiento del problema:.....	2
1.1.2. Formulación del problema:.....	2
1.1.3. Diagrama de Ishikawa.....	3
1.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
1.3. BENEFICIARIOS.....	4
1.3.1. Beneficiarios Directos:.....	4
1.3.2. Beneficiarios Indirectos:.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5. HIPÓTESIS.....	5
1.6. OBJETIVOS.....	5

1.6.1.	Objetivo general	5
1.6.2.	Objetivos específicos.....	6
1.7.	SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
2.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
2.1.	ANTECEDENTES.....	7
2.2.	MARCO REFERENCIAL/ESTADO DEL ARTE.....	9
2.2.1.	Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A	9
2.2.1.1.	Misión	9
2.2.1.2.	Visión.....	9
2.2.2.	El Aluminio	10
2.2.2.1.	Caracterización del Aluminio	10
2.2.2.2.	Características físicas.....	10
2.2.2.3.	Características mecánicas	10
2.2.2.4.	Características químicas	11
2.2.3.	CEDAL S.A Latacunga.....	11
2.2.3.1.	Proceso de Fundición.....	11
	a. Recepción de los materiales	12
	b. Aleaciones	12
	c. Aleaciones de Aluminio en Coladas	13
	d. Fusión de materiales mediante horno de fusión.....	14
	e. Escoria.....	15
2.2.3.2.	Proceso de homogenización en los lingotes de aluminio	15
	a. Consecuencias del Homogenizado.....	15
	b. Curva de temperatura de Homogenizado.....	16
2.2.3.3.	Proceso de Extrusión	16
2.2.3.4.	Proceso de Anodizado	16
2.2.3.5.	Proceso de Pintura Electroestática.....	17

2.2.3.6.	Proceso de Empaquetado.....	17
2.2.3.7.	Matricería.....	17
2.2.3.8.	Planta de tratamiento	17
2.2.3.9.	Mantenimiento.....	17
2.2.4.	Interfaz Hombre-Máquina (HMI)	17
2.2.4.1.	Funciones del Sistema HMI.....	17
2.2.4.2.	Aplicaciones del Sistema HMI.....	18
a.	Control de temperatura.....	18
b.	Control de nivel.....	18
c.	Control de presión.....	18
2.2.4.3.	Transferencia de datos a un Sistema HMI.....	18
2.2.4.4.	Herramienta para desarrollar un sistema HMI.....	19
a.	LabVIEW	19
2.2.5.	Sensores.....	20
2.2.5.1.	Clasificación	20
a.	Según la señal que proporciona.....	20
b.	Según la naturaleza de su funcionamiento	20
2.2.6.	Sensores de Temperatura.....	20
2.2.6.1.	Termopar o termocupla.....	21
2.2.6.2.	Principio de funcionamiento del termopar	21
2.2.6.3.	Tipos de termopares.....	22
a.	Termopar tipo K.....	22
b.	Termopar tipo B	22
c.	Termopar tipo E	23
d.	Termopar tipo J	23
2.2.7.	Módulo de adquisición de datos	23
2.2.7.1.	Funciones del módulo de adquisición de datos	24

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	25
3.1. METODOLOGÍA	25
3.1.1. Técnicas e Instrumentos	25
3.1.2. Definición de variable Independiente y Dependiente	26
3.1.2.1. Variable independiente	26
3.1.2.2. Variable dependiente	26
3.1.3. Análisis y selección de los materiales	27
3.1.3.1. Termopar tipo K (BT – 090 – K – 3 1/2 – 276 – 2).....	27
a. Calibre de conductores para termopares tipo K	28
3.1.3.2. Cable termopar tipo K	28
3.1.3.3. Módulo de adquisición de datos NI 9205	30
3.1.3.4. NI CompactDAQ-9184.....	31
a. Partes de cDAQ-9184	32
3.1.3.5. Cable Ethernet RJ45	32
3.1.3.6. Funda de protección térmica.....	33
3.1.4. Análisis del Proceso de Homogenizado	33
3.1.5. Diseño de HMI	35
3.1.5.1. Método para adquisición de datos	36
3.1.5.2. Programación en LabVIEW	36
a. NI-DAQmx Crear Canal Virtual.....	36
b. Temporización DAQmx (VI).....	37
c. Tarea de inicio de DAQmx (VI)	37
d. Lectura DAQmx (VI).....	38
e. Función de Entero Cuádruple.....	38
f. Función de paquete	38
g. Tarea de parada de DAQmx (VI).....	38
3.1.6. Interfaz Gráfica.....	39

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	40
3.2.1. Recolección de Datos	40
3.2.1.1. Preparación de testigos	40
3.2.1.2. Ubicación de termocuplas.....	41
3.2.1.3. Conexión del sistema de adquisición de datos	42
3.2.1.4. Programación en el software LabVIEW	43
a. Ingreso de usuarios en LabVIEW	43
b. Indicador de temperatura.....	44
c. Habilitar o deshabilitar todos los sensores	45
d. Tabla para el ingreso de nombres para las termocuplas.....	45
e. Registro de datos	46
3.2.2. Análisis de temperatura en los testigos	46
3.2.2.1. Temperatura de aire en el horno de homogenizado.....	46
3.2.2.2. Temperatura de masa en los billets de aluminio.....	48
3.2.2.3. Comparación de la curva temperatura aire y temperatura de masa	50
4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	51
4.1. CONCLUSIONES	51
4.2. RECOMENDACIONES	52
5. BIBLIOGRAFÍA	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios directos	4
Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos	5
Tabla 2.3. Sistema de tareas	6
Tabla 2.4. Composición química según Norma ASTM B221	12
Tabla 2.5. Rango de temperatura según el tipo de termocupla.....	21
Tabla 3.1. Variable Independiente.....	26
Tabla 3.2. Variable dependiente	27
Tabla 3.3. Características de termocupla tipo K estilo bayoneta.....	28
Tabla 3.4. Calibre de conductores para termopar tipo K.....	28
Tabla 3.5. Medida y sección circular del conductor.....	29
Tabla 3.6. Características cable termopar tipo K.....	29
Tabla 3.7. Características de NI 9205.....	30
Tabla 3.8. Guía de preparación de testigos.....	40
Tabla 3.9. Rango de temperatura para el proceso de homogenizado	48
Tabla 3.10. Datos de temperatura mediante el registro de datos	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Logotipo de la Empresa CEDAL S.A	9
Figura 2.2. Horno de fusión.....	14
Figura 2.3. Comportamiento de temperatura en el horno de homogenizado	16
Figura 2.4. Transferencia de datos a un sistema HMI.....	19
Figura 2.5. Estructura de un termopar	21
Figura 2.6. Termopar tipo K.....	22
Figura 2.7. Termopar tipo B	23
Figura 2.8. Termopar tipo E	23
Figura 3.1. Termopar estilo bayoneta con cable de acero inoxidable	27
Figura 3.2. Cable Alumel-Cromel	29
Figura 3.3. Módulo de adquisición de datos NI 9205	30
Figura 3.4. Chasis cDAQ-9184 de NI	31
Figura 3.5. Partes de cDAQ-9184	32
Figura 3.6. Cable Ethernet RJ45	33
Figura 3.7. Funda de protección térmica.....	33
Figura 3.8. Diagrama de flujo proceso de homogenizado.....	34
Figura 3.9. Diagrama de bloque proceso de adquisición de datos	35
Figura 3.10. Bloque NI DAQmx	36
Figura 3.11. Configuración del bloque NI DAQmx.....	37
Figura 3.12. Bloque DAQmx	37
Figura 3.13. Configuración del bloque DAQmx	37
Figura 3.14. Bloque DAQmx (VI)	38
Figura 3.15. Configuración de bloque DAQmx para lectura de datos	38
Figura 3.16. Función To Quad Integer	38

Figura 3.17. Función Bundle	38
Figura 3.18. Bloque de tara deparada DAQmx (VI)	38
Figura 3.19. Interfaz gráfica desarrollado en LabVIEW	39
Figura 3.20. Soporte para el alojamiento de los testigos	41
Figura 3.21. Soporte para el testigo	41
Figura 3.22. Ubicación de las termocuplas	41
Figura 3.23. Zonas en donde están ubicados las termocuplas	42
Figura 3.24. Conexión cable termopar al módulo N1 9205	42
Figura 3.25. Denominación del cable termopar en el gabinete eléctrico	43
Figura 3.26. Ventana principal de LabVIEW	43
Figura 3.27. Interfaz y programación para el ingreso de usuarios en LabVIEW	44
Figura 3.28. Diagrama de bloques para realizar la gráfica de temperatura	44
Figura 3.29. Diagrama de bloques para habilitar y deshabilitar los sensores de temperatura	45
Figura 3.30. Función para asignar nombres para cada termocupla	45
Figura 3.31. Escritura de datos en archivo “csv”	46
Figura 3.32. Horno de homogenizado	47
Figura 3.33. Horno de homogenizado vista desde el panel	47
Figura 3.34. Temperatura de aire de homogenizado	48
Figura 3.35. Curva de temperatura de masa en los billets	50
Figura 3.36. Curva de temperatura de aire y masa	50

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA CEDAL S.A”

Autores: Atuña Siza Segundo Benjamin
Palomo Vega Alex Stalyn

RESUMEN

El control de variables en los procesos de producción son de suma importancia, ya que por medio de estas variables se puede evaluar la cantidad de producción y asegurar la calidad del producto, el homogenizado es un tratamiento térmico realizado a altas temperaturas en períodos prolongados, esto con el fin de eliminar las tensiones internas, para asegurar la calidad del producto es importante que los billets cumplan la etapa de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento para una correcta modificación de las propiedades mecánicas, por ello es necesario un sistema de monitoreo y adquisición de datos para la visualización de la curva de temperatura de masa en los billets de aluminio en el proceso de homogenizado. La Empresa CEDAL S.A Latacunga, no cuenta con este sistema de monitoreo, ya que el objetivo de la propuesta tecnológica fue crear una Interfaz Hombre-Máquina, de aquí en adelante lo denominaremos (HMI), el cual permitirá a más del monitoreo, la visualización de la temperatura de masa en los billets de aluminio para la aleación 6063 en el área de fundición. Para esta investigación se utilizó el método inductivo para la selección de los materiales, el software de programación, el instrumento de medición y la interfaz gráfica del programa, se utilizó el método científico para el análisis del comportamiento de temperatura en los billets de aluminio comparando la curva característica de homogenizado con relación a la curva adquirida mediante el programa en LabVIEW. Se logró implementar el HMI con un entorno fácil y amigable con el usuario donde se puede recolectar datos y almacenarlos en un archivo Excel (csv), permite al usuario visualizar en tiempo real el comportamiento de temperatura de masa durante las 24 horas del día. Mediante los datos obtenidos se realiza una comparación entre la temperatura del aire en el interior del horno y la temperatura de masa, con esto se verificó el cumplimiento de la etapa de homogenizado.

Palabras clave: Temperatura, HMI, Homogenizado.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC “HMI INTERFACE DESIGN AND IMPLEMENTATION, THROUGH LABVIEW FOR THE MASS TEMPERATURE MONITORING INTO ALUMINUM BILLETS IN THE 6063 ALLOY IN THE CEDAL S.A ENTERPRISE”

Authors: Atuña Siza Segundo Benjamin

Palomo Vega Alex Stalyn

ABSTRACT

The variables control within the production processes are of utmost importance, since through, these production variables can be assessed the product quantity and quality ensured, the homogenized is a thermal treatment that made at high temperatures into prolonged periods, this in order to eliminate internal stresses, to ensure product quality, it is important, what the billets comply with the heating, it is necessary a monitoring and data acquisition system for the mass temperature curve visualization in the aluminum billets in the homogenizing process. The Enterprise CEDA S.A Latacunga, it does not have this monitoring system, since the aim technological proposal was to create a Man-Machine Interface, from here on it will call it (HMI), which it will allow more than monitoring, mass temperature visualization into aluminum billets for the 6063 alloy in the foundry area. For this research, it was used the inductive method for the materials selection, the programming software, the measuring instrument and the program graphical interface, it was used the scientific method for the temperature in aluminum billets behavior analysis compared with bibliographical sources the homogenate characteristic curve into relation to the got curve by means of the program in LabVIEW. It was achieved to implement the HMI with an easy and user-friendly environment, where data can be collected and stored in an Excel (csv), allowing the user to visualize the mass temperature behavior in real time during 24 hours a day. Through the got data were made a comparison between the air temperature inside the oven and the dough temperature, it was verified with this the homogenizing stage fulfillment.

Keywords: Temperature, HMI, Homogenized.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA CEDAL S.A”**, presentado por: **Atuña Siza Segundo Benjamin y Palomo Vega Alex Stalyn**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería en Electromecánica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2022

Atentamente,



Mg. Marco Beltrán



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

INFORMACIÓN GENERAL

Título:	“Diseño e implementación de la interfaz HMI mediante LabVIEW para el monitoreo de temperatura de masa en los billets de aluminio en la aleación 6063 en la Empresa CEDAL S.A”
Fecha de inicio:	Abril 2022.
Fecha de finalización:	Agosto 2022.
Lugar de ejecución:	Cotopaxi, Latacunga, Parroquia Ignacio Flores, Av. Unidad Nacional y Calle Manuelita Sáenz, Empresa CEDAL S.A., Área de Fundición.
Facultad que auspicia:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.
Carrera que auspicia:	Ingeniería Electromecánica.
Proyecto de investigación vinculado:	No aplica.
Equipo de Trabajo:	
Tutor:	Freire Andrade Verónica Paulina Ing. Ms.C
Postulantes:	Atuña Siza Segundo Benjamin Palomo Vega Alex Stalyn
Área de Conocimiento:	07 Ingeniería, industria y construcción / 071 Ingeniería y profesiones afines / 0714 Electrónica y automatización, 0713 Electricidad y energía [1].
Línea de investigación:	Procesos industriales.
Sublínea de investigación de la Carrera:	Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos [2].

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL PROBLEMA

1.1.1. Planteamiento del problema:

El siguiente proyecto se enfocó en la área de Fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A Latacunga, una de las actividades que realiza la Empresa son los procesos de extrusión y matricería para la producción de perfiles de aluminio, para lo cual, los billets de aluminio pasan un proceso de homogenizado mediante un horno de fusión, con el fin de obtener billets con aleación 6063 de la serie 6000, que principalmente consiste en combinar la aleación de silicio y magnesio para minimizar o eliminar micro-segregación y remover tensiones en la aleación. Para una correcta combinación de aleaciones, es importante que los billets destinados para la aleación 6063 pasen por tres etapas en el horno de homogenizado:

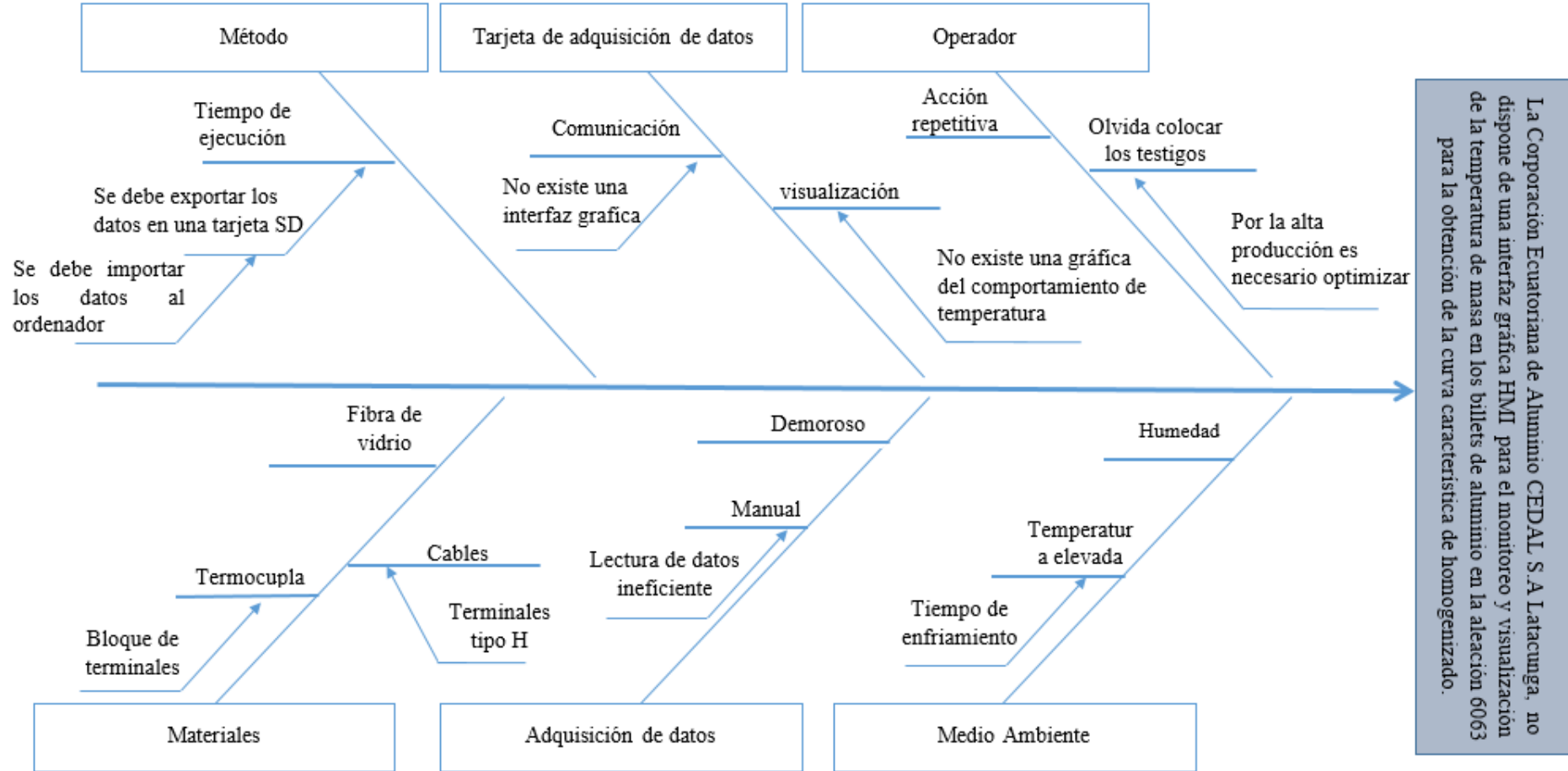
- Calentamiento, a los 630°C.
- Permanencia o mantenimiento, temperatura constante de 580°C para realizar la homogenización.
- Enfriamiento, puede ser por convección natural o enfriamiento con agua.

Es importante que los billets cumplan la etapa de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento para una correcta modificación de las propiedades mecánicas, por ello es necesario un sistema de monitoreo y adquisición de datos para la visualización de la curva de temperatura de masa en los billets de aluminio en el proceso de homogenizado. La Empresa CEDAL S.A Latacunga, no dispone con este sistema de monitoreo y adquisición datos, ya que el sistema se encuentra deshabilitado debido a la deficiencia al momento de medir la temperatura dentro del horno de homogenizado. Si los billets de aluminio no cumplen con la etapa de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento, el lote de producción se debe rechazar como chátara para volver a fundirse nuevamente, presentando problemas en el tiempo de producción en los demás procesos como matricería y extrusión.

1.1.2. Formulación del problema:

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A Latacunga, no dispone de una interfaz gráfica HMI para el monitoreo y visualización de la temperatura de masa en los billets de aluminio en la aleación 6063.

1.1.3. Diagrama de Ishikawa



Elaborado por: Autores

1.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la instrumentación/ 3311.16 Instrumentos de medida de la temperatura [3].

1.3. BENIFICIARIOS

1.3.1. Beneficiarios Directos:

El presente proyecto tiene como beneficiarios directos a 17 personas, las cuales forman parte del área de Fundición, mediante el sistema HMI los operarios podrán monitorear el estado de temperatura dentro del horno de homogenizado, con el fin de optimizar el proceso y evitar que el material se vuelva a fundir a causa de algún problema en la curva de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento.

Tabla 2.1. Beneficiarios directos

Puestos de trabajo	Cantidad	Sexo
Jefe de Fundición	1	Hombre
Asistente de Fundición	1	Hombre
Supervisores	3	Hombre
Especialistas	3	Hombre
Mecánicos	3	Hombre
Operador de montacargas	3	Hombre
Ayudantes	3	Hombre
Autores	2	Hombre
TOTAL	19	

Elaborado por: Autores

1.3.2. Beneficiarios Indirectos:

Los beneficiarios indirectos son las demás áreas que conforma la Empresa CEDAL S.A con un total de 196 personas, dado que la Empresa mejore la productividad en el proceso de homogenizado de billets, las demás áreas también mejorarán su productividad. Además, los beneficiarios indirectos son los futuros Ingenieros Electromecánicos que desea investigar sobre esta propuesta tecnológica que es; Diseño e implementación de un sistema HMI mediante LabVIEW para el monitoreo de temperatura en el proceso de homogenizado.

Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos

Hombres	Mujeres	TOTAL
191	5	196

Elaborado por: Autores

1.4. JUSTIFICACIÓN

Se busca mejorar la calidad de homogenizado en los billets de aluminio de la aleación 6063 en la empresa CEDAL S.A Latacunga, esto permitirá una mayor producción en el área de extrusión evitando que el producto tenga defectos superficiales como burbujas, rayones y manchas, razón por la cual, es importante realizar un sistema de monitoreo para verificar la curva de temperatura en el proceso de homogenizado. Una vez verificado la curva de temperatura se puede analizar si cumple o no con la etapa de calentamiento (630 °C), mantenimiento o permanencia (580 °C) y enfriamiento, cabe recalcar que el proceso de homogenizado tiene una incidencia directa en la extruibilidad del material.

Al contar con un sistema de monitoreo y adquisición de datos se puede graficar la curva típica de homogenizado, constatando que se cumple dicha curva, esto reducirá el rechazo de los billets antes del proceso de extrusión, pintura, anodizado, ahorrando la refundición del material rechazado en cada uno de los departamentos de producción.

Mediante el análisis grafico de temperatura, el área de fundición puede tomar la decisión de rechazar el lote si no se cumple correctamente el proceso de homogenizado ya que no contara con las propiedades mecánicas establecidas por el departamento de control y calidad. Esto permite al área de fundición ahorrar significativamente recursos económicos, el tiempo y la utilización de maquinaria en las diferentes áreas que tiene la empresa CEDAL Latacunga.

1.5. HIPÓTESIS

La implementación de una interfaz gráfica HMI en La Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A Latacunga, permitirá monitorear y visualizar la temperatura de masa en los billets de aluminio en la aleación 6063 para la obtención de la curva característica de homogenizado.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

Implementar un sistema HMI para el monitoreo y visualización de la temperatura de masa en los billets de aluminio en la aleación 6063 para la obtención de la curva característica de homogenizado en la Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A Latacunga.

1.6.2. Objetivos específicos

- Investigar en fuentes bibliográficas sobre los diferentes componentes, materiales y procesos que se emplea para la medición de temperatura mediante HMI relacionadas con el proceso de homogenizado.
- Diseñar la interfaz gráfica mediante el software de LabVIEW utilizando los diferentes bloques de programación para la adquisición de datos y posteriormente visualizar la curva de temperatura en la etapa de homogenización.
- Implementar el sistema HMI para realizar pruebas de funcionamiento mediante la comparación de la curva ideal con respecto a la curva adquirida mediante el sistema empleado.

1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.3. Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Investigar en fuentes bibliográficas sobre los diferentes componentes, materiales y procesos que se emplea para la medición de temperatura mediante HMI relacionadas con el proceso de homogenizado	Reconocimiento del proceso de homogenizado en las diferentes etapas (calentamiento, mantenimiento y enfriamiento)	Conocimiento de los diferentes equipos en el proceso de homogenizado	Inspección visual, fotografías y reportes
	Identificación del diagrama actual en el proceso de homogenizado	Determinación de lugares estratégicos para la implementación de las termocuplas tipo K en el coche	Técnica de recolección de datos mediante software
Diseñar la interfaz gráfica mediante el software de LabVIEW utilizando los diferentes bloques de	Programación en el software LabVIEW mediante Diagrama de Bloques	El programa realizado es de fácil manejo y tiene una interfaz gráfica amigable con el usuario	Software LabVIEW donde se ejecutará el programa realizado

programación para la adquisición de datos y posteriormente visualizar la curva de temperatura en la etapa de homogenización	Instalación del paquete NI DAQmx	Comunicación entre el software y los módulos NI 9205 – chasis cDAQ 9184	Configuración del paquete NI DAQmx en LabVIEW para la comunicación mediante Ethernet
	Adquisición y procesamiento de datos	Opción de transferencia de datos a Excel	Configuración de estructuras y bloques para la transferencia de datos a Excel
Implementar el sistema HMI para realizar pruebas de funcionamiento mediante la comparación de la curva ideal con respecto a la curva adquirida mediante el sistema empleado	Preparación de testigos. Conexión de termocuplas al módulo NI 9205	Instalación de testigos mediante soportes. La conexión permite la adquisición de datos	Análisis y ejecución
	Transferencia de datos a Excel para el análisis de temperatura en el proceso de homogenizado	Comparación de la temperatura de aire en relación a la curva de temperatura de masa en el interior del horno de homogenizado	Simulación y comparación

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de esta investigación se tomaron como base la información de proyectos de investigación de diferentes autores, que tienen relación con el estudio, objetivos y metodología similares a esta propuesta tecnológica.

- En año 2017 Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, muestra la obtención de los datos de temperatura por medio de testigos, considerando la base inferior izquierda del coche de homogenizado como referencia se toma bajo configuración matricial tres lingotes (5 - 1, 5 - 3, 4 - 7) los cuales sirven como muestras para la obtención de 7 testigos. Sobre las muestras se realiza perforaciones en el eje axial en los extremos de 5 cm de profundidad. Se inserten las termocuplas para el control de temperatura interna en los lingotes (ubicación de lingote 5 - 1: termocupla T0 y T1; ubicación de lingote 5 - 3: termocupla T2 y T3; ubicación de lingote 4 - 7: termocupla T4 y T5). Sobre la muestra de ubicación

4 - 7 se divide en tres segmentos iguales a lo largo del lingote, se realiza perforaciones de 5 cm en dirección radial en los segmentos medios para insertar las termocuplas de control de temperatura interna (T6 y T7), considerando las dimensiones de los testigos estos son muy pesados siendo necesario el uso de montacargas para colocarlas en el coche esto representa pérdida de tiempo y esfuerzo físico para el operador [4].

- En año 2012 J, Vivas y H Alonso muestra el procedimiento para preparar las termocuplas en los billets de aluminio donde se realiza una perforación de 7 cm en los billets que se encuentran en el centro del coche donde se apilan los billets [5].
- En el año 2015 Marco Herrera investigo la utilización de HMI para laboratorios en la Escuela Politécnica Nacional donde pueden simular procesos de automatización, LabVIEW permite la configuración y muchos casos la operación de equipos, en el siguiente proyecto el investigador creó una interfaz gráfica para el control de un módulo de didáctico donde se simula un sistema de automatización de un horno, desde la pantalla de LabVIEW se crea una interfaz el cual permite exportar datos de la variación de temperatura en función del tiempo los datos se exportan a un archivo en Excel donde se puede realizar cualquier análisis posterior con los datos obtenidos [6].
- En el año 2016 Gildardo Ríos realizo un programa en LabVIEW para el análisis de datos de temperatura de gas descargo la instrumentación de los procesos está ligado a la norma ISA colombiana, mediante un test para medir la temperatura de los gases producidos la quema, se realizará mediante sensores tipo K, donde su ubicación en el tubo de escape del turbocompresor suministrado por el laboratorio Motores UTP. El autor establece que se necesitan configurar un mapa que te ayude a obtener datos a través de termopares tipo K, en este caso se utilizó la placa Compact Data NI9211 para obtener cuatro mediciones de temperatura usando termopares [7].

En el primer trabajo considerando las dimensiones de los testigos estos son muy pesados siendo necesario el uso de montacargas para colocarlas en el coche esto representa pérdida de tiempo y esfuerzo físico para el operador.

En el segundo trabajo realizado se muestra un testigo a lo largo del billets, de esta manera sería más fácil el montaje de los sensores de temperatura, el inconveniente sería el tiempo que tomará en desmontar las termocuplas una vez finalizado el ciclo de homogenizado.

En la investigación de Marco Herrera habla del sistema HMI que fue desarrollado mediante LabVIEW para la simular la automatización de un horno, en la cual, el programa permite la posibilidad de exportar los datos mediante Excel, para realizar análisis correspondientes.

Gildardo Ríos realizó la programación en el software de LabVIEW, este autor explica brevemente como realizar un programa de temperatura utilizando la tarjeta Compact Data NI 9211 y el paquete NI Max, utilizados para la adquisición, procesamiento y envío de señales analógicas.

La información de estos trabajos previos ha sido de gran ayuda para la realización de este proyecto de propuesta tecnológica.

2.2. MARCO REFERENCIAL/ESTADO DEL ARTE

2.2.1. Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A

CEDAL es una empresa ampliamente reconocida en el mercado nacional e internacional por la calidad de sus productos, la confiabilidad e integridad de la empresa. Día a día contribuimos al desarrollo de la industria en el Ecuador y a la generación de puestos de trabajos directos y subsidiarios que complementan la creación de nuevas fuentes de empleo [11].



Figura 2.1. Logotipo de la Empresa CEDAL S.A
Fuente: CEDAL S.A

En 1974 se constituyó Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A. CEDAL, empresa de capital ecuatoriano, con el propósito de producir y comercializar extrusiones de aluminio para el mercado nacional e internacional. Inicia sus actividades productivas en el año 1976, enfocados al mercado interno con extrusiones de aluminio para uso arquitectónico [11].

2.2.1.1. Misión

Somos una empresa líder en la producción y comercialización de extrusiones de aluminio, buscamos el crecimiento y desarrollo de nuestros clientes, colaboradores y accionistas, enmarcados en el cumplimiento de la ley, aporte a la comunidad y cuidado al medio ambiente [11].

2.2.1.2. Visión

Ser una empresa referente en la fabricación y comercialización de extrusiones de aluminio, productos y servicios complementarios, con sólida presencia internacional, reconocida por la excelencia de sus colaboradores, la calidad en sus productos y servicio [11].

2.2.2. El Aluminio

El aluminio es un metal muy abundante en la corteza terrestre, con un contenido medio de 8,1% lo que representa el tercer elemento después del oxígeno y silicio y en la actualidad es el metal de mayor producción y consumo entre los metales no ferrosos y segundo en producción total entre los metales después del hierro [8].

2.2.2.1. Caracterización del Aluminio

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería, tales como su baja densidad (2700 kg/m³) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica. Es buen conductor de la electricidad, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Por todo ello es el metal que más se utiliza después del acero [9].

2.2.2.2. Características físicas

Entre las características físicas del aluminio, destacan las siguientes:

- Es un metal ligero, cuya densidad o peso específico es de 2700 kg/m³ (2,7 veces la densidad del agua).
- Tiene un punto de fusión bajo: 660 °C.
- Es de color blanco brillante.
- Buen conductor del calor y de la electricidad.
- Resistente a la corrosión, gracias a la capa de Al₂O₃ formada.
- Abundante en la naturaleza.
- Material fácil y barato de reciclar.

2.2.2.3. Características mecánicas

Entre las características mecánicas del aluminio se tienen los siguientes:

- De fácil mecanizado.
- Muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas.
- Bastante dúctil, permite la fabricación de cables eléctricos.
- Material blando. Límite de resistencia en tracción: 160-200 N/mm² en estado puro, en estado aleado el rango es de 1400-6000 N/mm².
- Material que forma aleaciones con otros metales para mejorar las propiedades mecánicas.

- Permite la fabricación de piezas por fundición, forja y extrusión.
- Material soldable.

2.2.2.4. Características químicas

Debido a su elevado estado de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido de aluminio (Alúmina Al_2O_3) impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad. Esta capa protectora es de color gris mate [10].

2.2.3. CEDAL S.A Latacunga

La Corporación Ecuatoriana de Aluminio CEDAL S.A, está ubicada en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi en la Av. Unidad Nacional S/N, parroquia Ignacio Flores, la cual realiza una serie de procesos para la obtención de billets de Aluminio, consta con equipos de operación, entre ellos está un horno de doble cámara que realiza el proceso de homogenizado. También cuenta con área de pintura electrostática, área de empaque y departamento de mantenimiento. A continuación, se detalla los diferentes procesos que realiza CEDAL Latacunga para la obtención de su producto.

2.2.3.1. Proceso de Fundición

La fundición es un proceso en el cual se llena un molde con una determinada cantidad de metal fundido, con la finalidad de obtener la pieza requerida. Gracias al proceso de fundición del aluminio se fabrican aquellas piezas de difícil construcción con una medida exacta en un medio de una fase exhaustiva de producción [12].

El proceso de colada continua horizontal con planta tipo Hertwich se puede aplicar para convertir chatarra de aluminio en lingotes de aleación o lingotes según el grado, pero tenga en cuenta que Hertwich desarrolló este tipo de planta para el proceso de refundición [13].

La distribución vertical de los principales elementos de aleación (silicio y magnesio) demuestra la naturaleza del proceso de colada continua horizontal y la importancia del proceso de homogeneización, que complementa la formación de una solución homogénea. El resultado es un material con las propiedades mecánicas únicas de la aleación 6063, por lo que los perfiles que se someten a un tratamiento térmico T5 o T6 al final del proceso de extrusión obtienen propiedades ideales y cumplen con los estándares de calidad [13].

CEDAL cuenta con una planta de fundición de billets de aluminio, un proceso que permite utilizar chatarra del mismo aluminio, esto debido a que es 100% reciclable. En el proceso de

extrusión y perfilaría existe una gran cantidad de aluminio rechazada que son nuevamente fundidos, manteniendo las características de la aleación mediante controles metalúrgicos.

a. Recepción de los materiales

CEDAL importa lingotes de aluminio 6063, 6061, 6005 para la fabricación de perfiles y para las demás aplicaciones arquitectónicas y estructurales. De la misma manera la Empresa importa materia prima para posteriormente fusionar en el horno con los demás aleantes como el silicio, magnesio y la chatarra, los mismos que se agregan a la colada [14].

b. Aleaciones

Las aleaciones son las combinaciones de dos o más elementos, para construir un nuevo material que tenga las propiedades y características de sus componentes. En el caso del aluminio puro es relativamente débil, por esta razón, se han desarrollado aleaciones utilizando una variedad de metales como cobre, magnesio, manganeso y zinc, generalmente combinando dos o más elementos conjuntamente con el hierro o silicio, para crear una infinidad de metales para diversas aplicaciones [14].

Aleación 6063

Es una aleación que pertenece a la serie 6000 de aleaciones de aluminio, ya que esta combinada sólo silicio y magnesio (0,4% y 0,7% respectivamente) y presenta propiedades de tracción y una elevada resistencia a la corrosión y unas buenas cualidades de acabado [13].

La aleación 6063 posee como elementos aleantes principales al magnesio y silicio, ya que ambos contribuyen a la formación de siliciuro de magnesio, dicho compuesto ayuda a fortalecer su estructura cristalina durante el proceso de solución sólida. Además, esta aleación al estar incluida en la serie 6000 admite el temple y la maduración artificial o natural [13].

Tabla 2.4. Composición química según Norma ASTM B221

PARAMETROS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN NORMA ASTM B221								
ALEACIÓN	Composición Química (%)							
	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Zn	Cr	Ti
6063	Máx. 0,35	0,20 – 0,60	0,45 – 0,90	Máx. 0,10	Máx. 0,10	Máx. 0,10	Máx. 0,10	Máx. 0,05

6005	Máx. 0,35	0,60 – 0,90	0,40 – 0,60	Máx. 0,10	Máx. 0,10	Máx. 0,10	Máx. 0,10	Máx. 0,10
------	--------------	----------------	----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-----------

Elaborado por: Autores

Aleación 6061

Es la aleación de aluminio más versátil que se puede tratar térmicamente porque conserva muchas de las propiedades del aluminio y se puede soldar en cualquier proceso. Contiene silicio (0,6 %), magnesio (1,0 %), cobre (0,25 %) y cromo (0,2 %) y tiene excelentes propiedades mecánicas y excelente resistencia a la corrosión [15].

Aleación 6005

Esta aleación es de tipo estructural, en donde los niveles de magnesio y silicio se elevan para conseguir una mayor dureza del material.

c. Aleaciones de Aluminio en Coladas

Son aquellas aleaciones que se utilizan en fundición para la fabricación de diferentes piezas, obtenidas por colada en moldes de acero o arena. Aunque se han desarrollado una gran cantidad de aleaciones de aluminio de colada, existen dos tipos de aleaciones principales, ya que dichas aleaciones se utilizan frecuentemente en la Empresa CEDAL S.A.

- Aluminio-silicio
- Aluminio-magnesio

Aleaciones aluminio-silicio

Las aleaciones de aluminio y silicio se utilizan cada vez más por sus excelentes propiedades de soldabilidad, moldeo y buena resistencia a la corrosión. La adición de silicio mejora la fluidez de la aleación durante la colada, esto se debe a que el silicio tiene un retículo tipo diamante. En general, las aleaciones de aluminio-silicio son más dúctiles y resistentes al choque [16].

Aleaciones aluminio-magnesio

El magnesio endurece el aluminio, se puede añadir en mayores cantidades, estas aleaciones son más ligeras que el aluminio, pose unas buenas propiedades de soldabilidad, excelente resistencia a la corrosión en ambientes marinos y se mecanizan con facilidad [16].

d. Fusión de materiales mediante horno de fusión

La fusión de los materiales se realiza en un proceso de colada continua horizontal, en donde se ingresa el aluminio primario conjuntamente con la chatarra y aleaciones de silicio y magnesio a un horno de fusión.

En la Figura 2.2 se observa el horno de fusión que tiene doble cámara, es decir, una primera cámara de disolución y una segunda cámara de inyección, cada una con su propio quemador, sistema de recuperación de calor y conducto de salida de gases con su correspondiente sistema de filtración y control automático de temperatura [13].

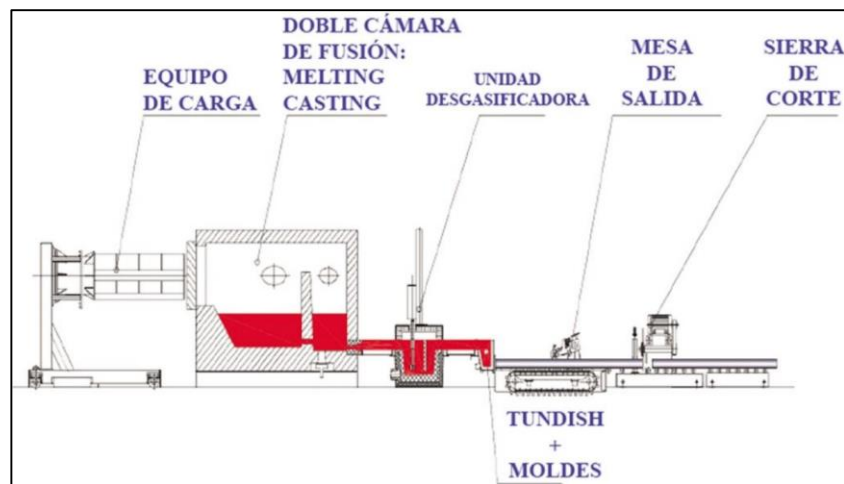


Figura 2.2. Horno de fusión
Fuente:[13]

Equipo de colada o fundición: Incluye sistema de control de flujo, canal de inyección para guiar la aleación al equipo de desgasificación. El equipo de desgasificación incluye un rotor con impulsor de grafito para la inyección de argón y un refinador de grano.

Tundish: Junto con el filtro, contiene el aluminio que alimenta el molde y permite la producción continua de los billets.

Moldes: Adaptada a base de Tundish, son fabricados con aleación de cobre, es decir, tienen forma redonda con un sistema de lubricación combinado entre aceite y grafitos, también posee un sistema de refrigeración por agua.

Mesa de moldeo horizontal: También conocida como mesa de salida, permite el avance guiado de los billets mediante un sistema de rodillos y cadenas.

Sierra de corte: Corta automáticamente los billets según longitud específica de acuerdo con el lote de producción [13].

e. Escoria

La escoria de aluminio es uno de los principales residuos producidos por la fundición de aluminio y se produce por una reacción química que tiene lugar entre el metal líquido y la atmósfera. La escoria es un material de desecho producto de varios ciclos de producción de aluminio [14].

2.2.3.2. Proceso de homogenización en los lingotes de aluminio

El término recocido de homogenización se refiere al tratamiento térmico de un material expuesto a elevada temperatura durante un periodo de tiempo y, luego, enfriado lentamente. Comúnmente el homogenizado se lleva a cabo para:[17]

- Eliminar tensiones
- Incrementar la plasticidad, la ductilidad y la tenacidad y/o
- Producir una microestructura específica

Este tratamiento térmico produce cambios micro estructurales, responsable de la modificación de las propiedades mecánicas. El proceso de homogenizado consta de tres etapas:

- Calentamiento a la temperatura prevista
- Mantenimiento o “impregnación térmica”
- Enfriamiento, generalmente hasta temperatura ambiente.

a. Consecuencias del Homogenizado

Este tipo de tratamiento es eficaz si se aplican en el estado de fundido de la aleación o con una ligera acritud dando lugar a la siguiente variación de propiedades.

- Responden rápido a los tratamientos térmicos posteriores al recocido, temple, maduración artificial.
- Mejoran sus características mecánicas y la maleabilidad en estado recocido.
- Si la aleación se prepara para el anodizado el aspecto general y el brillo ya mejorados por la homogenización a 540 °C, se obtendrá una mejor aleación si la homogenización se realice a 600 °C. Si se trata de obtener, sobre todo las características mecánicas óptimas, es suficiente la homogenización entre 540 - 550 °C [18].

b. Curva de temperatura de Homogenizado

El Calentamiento: Es el tiempo que tarda el equipo térmico en llegar a la temperatura óptima que oscila en los 630 °C, para empezar el proceso de homogenización del aluminio, en la Figura 2.3 se observa la curva de temperatura.

Mantenimiento o permanencia: Es el período donde se mantiene estable la temperatura para realizar la homogenización 580 °C.

Refrigeración: Se trata de la etapa final que trata de enfriamiento del homogenizado que se puede realizar con el aire ambiente sin control, o en una velocidad de enfriamiento controlado por convección forzada con aire o agua [19].

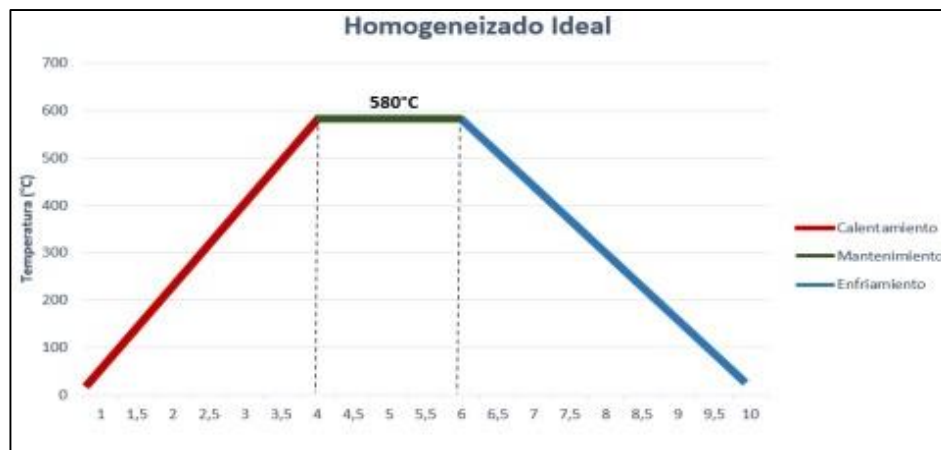


Figura 2.3. Comportamiento de temperatura en el horno de homogenizado
Fuente: CEDAL S.A

2.2.3.3. Proceso de Extrusión

La extrusión es un proceso que consiste en moldear la masa del aluminio, haciéndole salir por una abertura con el fin de obtener perfiles de un diseño elaborado. Cuando hablamos de la extrusión de aluminio, se puede realizar con aleaciones 6063-T5, 6063-T6, 6061-T6 y 6005-T5 [20].

2.2.3.4. Proceso de Anodizado

Este proceso fue desarrollado para procesar aluminio, el cual es un material extremadamente versátil, ya que posee propiedades y características mecánicas, físicas y químicas que lo convierten en una opción muy adecuada para la fabricación de productos con ciertos requerimientos de diseño. El proceso de anodizado es un proceso de oxidación, que consiste en convertir la superficie de la pieza en una capa dura de óxido, con el fin de proteger contra los agentes atmosféricos de oxidación y corrosión [21].

2.2.3.5. Proceso de Pintura Electroestática

El recubrimiento mediante pintura electroestática es muy utilizado en la industria metalúrgica porque proporciona durabilidad y un acabado uniforme. Este proceso se lleva a cabo en instalaciones complejas con hornos de curado, cámaras y pistolas de aspersion, e incluso sistemas de transporte aéreo [22].

2.2.3.6. Proceso de Empaquetado

La Empresa cuenta con un proceso de empaquetado, en donde consiste en empacar todos sus productos en fundas de polietileno, para evitar que las piezas dañen al momento de su transporte.

2.2.3.7. Matricería

Este es un proceso de extrusión, la Empresa cuenta con diferentes matrices para la obtención de productos con varios diseños, el diseño va depender acorde al requerimiento del cliente.

2.2.3.8. Planta de tratamiento

Una planta de tratamiento es un conjunto de unidades y operaciones físico-químicas que tienen como finalidad eliminar y minimizar la contaminación o propiedades indeseables del agua a través de los equipos especiales. CEDAL cuenta con una planta de tratamiento de agua que garantiza el cuidado del medio ambiente y optimiza el uso eficiente del agua [23].

2.2.3.9. Mantenimiento

Son todas las operaciones necesarias para el óptimo funcionamiento de las instalaciones, máquinas y equipos, así como de los distintos espacios de trabajo que componen las Empresas. También incluye los trabajos de reparación y revisión necesarios para asegurar el normal funcionamiento y el buen estado de conservación del sistema productivo [24].

2.2.4. Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

Es el interfaz entre el proceso y los operarios, se denomina como el Interfaz Hombre-Máquina (HMI). Es la herramienta principal utilizada por los operarios, supervisores o personal de línea encargado de coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación.

2.2.4.1. Funciones del Sistema HMI

Consiste principalmente en mostrar la información necesaria en tiempo real de la operación de un proceso, proporcionando gráficos que aportan significado y contexto al estado del

horno, niveles de temperatura y otros parámetros del proceso. En pocas palabras se puede decir que suministran información operativa al proceso, que permiten controlar y optimizar los objetos de producción y principalmente del proceso [25].

2.2.4.2. Aplicaciones del Sistema HMI

Hay diversas aplicaciones con el sistema HMI ya sea para controlar o analizar el proceso, de esta manera, los operarios pueden visualizar mediante gráficos los datos centrado en la optimización industrial digitalizado. A continuación, se detallan las aplicaciones más comunes:

a. Control de temperatura

Para el control de temperatura se utilizan técnicas de control PID (Proporcional, Integral, Derivativo) y otros métodos. El sistema HMI puede ayudar a los usuarios a controlar la temperatura, mostrando al usuario parámetros básicos de control de temperatura, tales como: valor de referencia de temperatura, diferencia de temperatura, la velocidad de ajuste de temperatura, etc.

b. Control de nivel

El control de nivel se logra midiendo la altura del líquido. Y se puede medir mediante varios métodos y técnicas, como la medición de nivel por ultrasónico, la medición de nivel de fibra óptica, etc. En el caso de la medida de nivel por fibra óptica, el sistema HMI permite un uso fácil y cómodo. El sistema HMI permite al usuario conocer el nivel de líquido, nivel diferencial, velocidad de ajuste de nivel, etc.

c. Control de presión

El control de presión se lleva a cabo por medio de la medición de la presión de un sistema. Y puede ser medido por medio de varios métodos, como puede ser la medición de presión por ultrasonido, la medición de presión por fibra óptica, etc. En el caso de la medición de presión por fibra óptica, el sistema HMI permite operar con una gran facilidad y comodidad. El sistema HMI permite a los usuarios conocer la presión del sistema, la diferencia de presión, la velocidad de ajuste de presión, etc. [26].

2.2.4.3. Transferencia de datos a un Sistema HMI

Gracias a la HMI, podemos obtener información de la máquina en tiempo real y realizar ciertas operaciones sobre estos datos. A través de los procesos de control y la comunicación

entre la máquina y el operador, el sistema HMI permite que el operador gestione de manera óptima la máquina.

El modo de transferencia y obtención de datos puede ser de la siguiente manera:

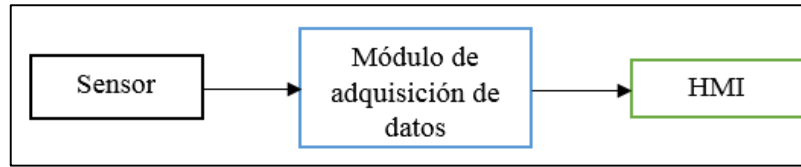


Figura 2.4. Transferencia de datos a un sistema HMI

Fuente: Autores

2.2.4.4. Herramienta para desarrollar un sistema HMI

En la actualidad existen varios programas para desarrollar un sistema HMI, entre ellos está el sistema HMI mediante LabVIEW, siendo el software más relevante y común en las empresas y al aprendizaje en la universidad.

a. LabVIEW

Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, es un lenguaje y entorno de programación gráfica o lenguaje G, donde se puede crear aplicaciones de una forma sencilla y rápida. Este programa estaba orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, ya que se conoce como instrumentación virtual, por tal motivo los programas creados en LabVIEW se guardarán en ficheros llamados VI (*Virtual Instrument*). LabVIEW tiene dos ventanas principales, reciben el nombre de Panel Frontal y Diagrama de Bloques respectivamente, en donde estarán sus botones, pantallas, etc. y una circuitería interna [27].

Estructuras

Los nodos de estructura proporcionan el flujo de control que hace que el lenguaje sea fácil de usar. Desde fuera, cada nodo de estructura se comporta como cualquier otro nodo: todos los terminales de entrada conectados deben tener datos antes de que la estructura pueda comenzar a ejecutarse, y cuando termina de ejecutarse, produce un dato ficha en cada terminal de salida conectado [28].

Virtual Instruments (VIs)

Un Instrumento Virtual (VI) consta de un panel con controles e indicadores, un diagrama que contiene fuente y terminales de destino asociados con los controles e indicadores, y un icono con un conector subyacente, un panel que muestra las ubicaciones de los

terminales correspondientes a los controles e indicadores. Cuando se utiliza un icono en otro diagrama, representa una llamada al VI [28].

2.2.5. Sensores

Se define como un dispositivo de entrada que provee una información a una salida manipulable de la variable física medida. El concepto de sensor está íntimamente relacionado con la definición de un transductor, esto debido a que el sensor siempre hará uso de un transductor. La diferencia entre un sensor y un transductor radica en que el sensor no solo cambia el dominio de la variable física medida, sino también la salida del sensor será un dato útil para un sistema de medición [29].

2.2.5.1. Clasificación

En la actualidad hay diversos sensores, por tanto, es necesario clasificarlos para poder comprender su naturaleza y funcionamiento.

a. Según la señal que proporciona

Analógicos: Estos sensores proporcionan la información mediante una señal analógica, es decir, que puede tomar infinidad de valores entre un mínimo y un máximo.

Digitales: Estos sensores proporcionan la información mediante una señal digital (0 o un 1 lógicos), o bien un código de bits [30].

b. Según la naturaleza de su funcionamiento

Posición: Son aquellos sensores que experimentan ciertas variaciones en función de la posición en cada instante los elementos que lo componen.

Fotoeléctricos: Son aquellos sensores que experimentan variaciones en función de la luz que se enciende sobre ellos mismos.

Magnéticos: Son aquellos sensores que actúan con respecto a las variaciones en función del campo magnético que les atraviesa.

Temperatura: Estos sensores son comúnmente utilizados en las industrias, debido a que estos experimentan variaciones en función de la temperatura [30].

2.2.6. Sensores de Temperatura

Son dispositivos formados con componentes eléctricos y electrónicos, permite medir temperatura y procesar la variable mediante una señal eléctrica determinada. A continuación, tenemos el sensor de temperatura termopar o termocupla, ya que es un componente comúnmente utilizado en la mayoría de las industrias.

2.2.6.1. Termopar o termocupla

La termocupla o termopar es un instrumento de medición de temperatura muy útil y ampliamente utilizado que se usa comúnmente en una variedad de entornos científicos, de ingeniería e industriales. El tamaño pequeño y la respuesta rápida los convierten en herramientas efectivas en entornos difíciles y peligrosos, ya que son capaces de medir con precisión y rapidez temperaturas extremas en cualquier lugar entre 270 °C y 2500 °C, según su aplicación y el ajuste específico [31].

2.2.6.2. Principio de funcionamiento del termopar

Cuando se calienta la unión de dos metales (T1), se produce una tensión eléctrica que será proporcional a la temperatura, es decir, la diferencia de potencial en el punto de unión, la variación de tensión va depender de la temperatura (°C). Este voltaje es generado por la diferencia de densidades de los dos electrodos (metal A y metal B), así como la diferencia de temperatura en los puntos caliente y frío del termopar [32].

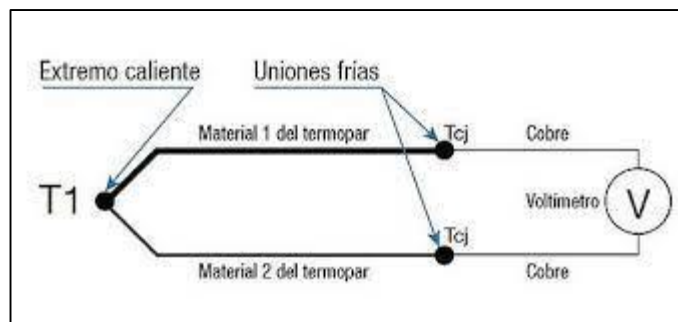


Figura 2.5. Estructura de un termopar
Fuente:[32]

Tabla 2.5. Rango de temperatura según el tipo de termocupla

Tipo	Cable + Aleación	Cable - Aleación	Rango de Temperatura °C
K	Níquel – Cromo	Níquel - Aluminio	-200 a 1200
B	Platino – Rhodio	Platino – Rhodio	300 a 1800
E	Cromo – Níquel	Cromo – Níquel	-250 a 900
J	Hierro	Cromo – Níquel	-40 a 700

Elaborado por: Autores

2.2.6.3. Tipos de termopares

a. Termopar tipo K

Es un sensor de temperatura que está construido por (NiCr-NiAl) con elementos Níquel-Cromo y Níquel Alumel, también conocido como Cromel-Alumel. El porcentaje de aleación que dan origen a este sensor tipo K son:

- Cromel: 90 % Níquel + 10 % Cromo.
- Alumel: 95 % Níquel + 2 % Manganeso + 2 % Aluminio + 1 % Silicio.

Este tipo de aleación de termopares es la más común que provee el más alto rango de operación en los denominados termopares económicos, además, su alta composición en Níquel lo hace altamente recomendado en varias aplicaciones por su alta resistencia a la corrosión. En la Figura 2.6 se observa un sensor de temperatura tipo K, existe una gran variedad, ya que las características dependerán de su aplicación.

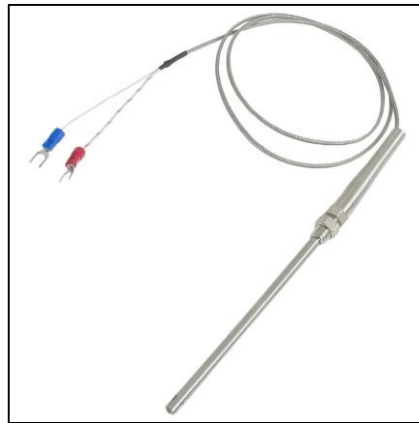


Figura 2.6. Termopar tipo K
Fuente:[32]

b. Termopar tipo B

Tienen características muy similares a los modelos R y S, sin embargo, son más estables debido a su sensibilidad reducida, generalmente solo se usan para medir temperaturas superiores a 300 °C hasta 1800 °C. También se puede aplicar en el vacío durante periodos cortos. Sin embargo, no está diseñado para usarse en atmósferas que contengan o reduzcan vapores, tanto metálicos como no metálicos. Este dispositivo no está diseñado para montarse directamente en el conducto principal de protección de metal y requiere el uso de protección y aisladores de porcelana con alto contenido de alúmina. En la Figura 2.7 se observa el termopar tipo B, la forma del sensor permite medir temperatura hasta de 1800 °C.



Figura 2.7. Termopar tipo B
Fuente:[32]

c. Termopar tipo E

Se puede usar en ambientes oxidantes, inertes o de vacío. Sin embargo, no está especificado para la alternancia de atmósferas oxidantes y reductoras. En comparación con otros termopares de uso común, tiene una mayor capacidad termoeléctrica, lo que es muy conveniente para quienes desean detectar pequeñas variaciones de temperatura.



Figura 2.8. Termopar tipo E
Fuente:[33]

d. Termopar tipo J

Se puede utilizar en medios reductores, neutros u oxidantes. Sin embargo, no se recomienda en ambientes con alta humedad y bajas temperaturas, ya que los termopares JP pueden volverse quebradizos [33].

2.2.7. Módulo de adquisición de datos

Un sistema de adquisición de datos modular está pensado para la adquisición de datos por USB, Ethernet u otra comunicación, pero lo fundamental, es que disponga de módulos independientes

que se pueden emplear por separado o en conjunto para ampliar el número de canales disponibles.

Es utilizado para hacer la interfaz de Sistemas Digitales de Adquisición de Datos con cualquier equipo analógico o electromecánico que necesite ser supervisado y/o controlado, aunque estos equipos no posean puerto de comunicación serial. Los Módulos de Adquisición de Datos DM1 y DM2 reciben las informaciones (analógicas o contactos secos) y las habilitan al sistema de adquisición de datos a través del puerto de comunicación serial RS-485. Por otro lado, los Módulos de Control DM3 reciben comandos enviados por el sistema de adquisición de datos a través de la comunicación serial y abren o cierran sus contactos de salida, permitiendo el comando de dispositivos analógicos o electromecánicos. Cada versión del DM está disponible con 8, 16 o 24 entradas/salidas:

- DM1 - Módulo de Adquisición de Datos para supervisión de contactos secos.
- DM2 - Módulo de Adquisición de Datos para supervisión de señales analógicas.
- DM3 - Módulo de Control con contactos secos para conmutación de cargas hasta 250 Vcc/250 Vca.

2.2.7.1. Funciones del módulo de adquisición de datos

Las principales funciones que aporta un módulo a un sistema HMI es el procesamiento de datos, comunicación y medición:

- Monitoreo remoto continuo del estado de contactos secos (contactos de alarma, desconexión, señalización).
- Medición remota continua de señales analógicas (salidas de transductores, monitores de gases, medidores de nivel).
- Accionamiento remoto de contactos de salida libres de potencial (prende/apaga motores, luces de señalización, alarmas).
- Comunicación a través de la Interfaz Serial RS-485 con protocolo Modbus RTU.
- La interconexión de las interfaces RS-485 entre el Sistema de Adquisición de Datos y los DMs se hace a través de un par trenzado. Opcionalmente la comunicación puede ser hecha por medio de fibra óptica, utilizando conversores electro-ópticos.
- Hasta 31 módulos pueden ser interconectados en una misma red.

Distancia máxima de comunicación: 1.300 metros, medida entre los extremos de la red de comunicación [34].

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. METODOLOGÍA

La presente investigación corresponde a una modalidad de propuesta tecnológica, que llevó a cabo mediante métodos de investigación inductiva, científica y experimental, que permitieron guiar con las estrategias necesarias para el desarrollo de esta investigación, cumpliendo con los objetivos previamente establecidos.

Con el método inductivo se consultaron fuentes de información de todos los materiales mecánicos, eléctricos y electrónicos empleados en esta investigación, para el desarrollo de la interfaz gráfica y la adquisición de datos mediante Ethernet, NI 9205 y termocupla tipo K, con el fin de conocer la temática analizada y definir estrategias de investigación en base a los trabajos publicados e fuentes bibliográficas, páginas web, revistas, libros y artículos.

Con el método científico se realizó la determinación de variables de la investigación, así como, las técnicas, instrumentos y fuentes de información o informantes para la aplicación de los materiales y recolección de datos.

Con el método experimental se realizó el análisis de la comparación de los resultados obtenidos, mediante la interpretación de la curva de temperatura de masa en relación a la temperatura de aire dentro del horno de homogenizado.

3.1.1. Técnicas e Instrumentos

El trabajo de investigación demanda en el análisis y comparación de la curva característica de temperatura en el horno de homogenizado, como técnica se utiliza la investigación, la medición, la comparación, y como instrumento de recolección de datos se utilizó el módulo NI 9205.

Investigación

Esta técnica se utilizó para la comparación y selección de los diferentes componentes que son empleados en el sistema HMI.

Medición

Esta técnica se empleó para la generación de datos, mediante los siguientes instrumentos:

- Testigos
- Termocupla tipo k
- Cable termopar (Alumel – Cromel)
- Módulo NI-9205

- Chasis cDAQ-9184
- Programa Indicador Temperatura de masa: cuatro indicadores de temperatura

Simulación

Esta técnica permite recrear situaciones o establecer la factibilidad de la interfaz gráfica. A partir de la simulación, se logró visualizar una magnitud física (Temperatura), haciendo una conexión entre la máquina y el operario.

Comparación

Se compara la gráfica de temperatura de aire obtenida del horno de homogenizado con respecto a la curva de temperatura de masa obtenida por el sistema HMI que se implementó.

3.1.2. Definición de variable Independiente y Dependiente

3.1.2.1.Variable independiente

Como variable independiente de este proyecto tenemos: Diseño de un sistema HMI mediante LabVIEW.

Tabla 3.1. Variable Independiente

Descripción	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Sistema que permite la visualización y adquisición de datos en tiempo real, de la temperatura en los billets de aluminio de la aleación 6063	Termocuplas	Temperatura	°C	Medición	Sensor de temperatura
	Testigos	Ubicación de termocuplas	m ²	Análisis	
	NI 9209 - CDAQ 9184	Señales análogas		Adquisición	Módulo de adquisición y procesamiento de datos
	Interfaz Gráfica	Temperatura en tiempo real	°C	Visualización	LabVIEW

3.1.2.2.Variable dependiente

Como variable dependiente de este proyecto tenemos: Monitoreo de temperatura de masa en los billets de aluminio en la aleación 6063.

Tabla 3.2. Variable dependiente

Descripción	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Determinación de la curva de homogenizado, a través de adquisición de datos	Temperatura homogénea	Temperatura	°C	Medición	Termocuplas
	Obtención de la curva de homogenizado	Gráficas	°C	Adquisición	Software

3.1.3. Análisis y selección de los materiales

3.1.3.1. Termopar tipo K (BT – 090 – K – 3 1/2 – 276 – 2)

Es un sensor de temperatura llamado Cromel/Alumel, debido a su composición. Este termopar es comúnmente utilizado en aplicaciones industriales. El termopar tipo K es más utilizado debido a su rango y su precio accesible, se le puede adquirir mediante mercado libre o pedidos.



Figura 3.1. Termopar estilo bayoneta con cable de acero inoxidable

El sensor empleado en el horno de homogenizado es el termopar estilo bayoneta como se observa en la Figura 3.1, cuenta con vaina de acero inoxidable con inmersión configurable, una extensión de cable blindado de 7 mm de diámetro y 2 m de largo, y finaliza con un conector mini macho. La temperatura de operación de estos sensores varía en función del diámetro de la vaina yendo desde 400 °C hasta los 900 °C, ya que el cable termopar está hecho con un conductor sólido aislante con fibra de vidrio. Ver Anexo III: Especificaciones de termopar tipo K.

Tabla 3.3. Características de termocupla tipo K estilo bayoneta

Características	
Rango de temperatura	95 °C – 1260 °C
Composición química	Cromel (+), Alumel (-)
Tipo	Bayoneta cargado por resorte, con una curva de 90°.
Límite de error	± 2.2 °C o ± 0,75 % de 0 °C a 1260 °C
Construcción	Acero inoxidable 304
Conector	Mini macho

a. Calibre de conductores para termopares tipo K

La temperatura máxima de operación de una termocupla está determinada primeramente por el calibre utilizado para su fabricación, como sabemos el calibre es una estandarización para definir el diámetro de un alambre o cable.

Tabla 3.4. Calibre de conductores para termopar tipo K

AWG	mm
8	3,2
14	1,63
16	1,29
20	0,81
24	0,51
30	0,25

En termocuplas el calibre más grande es el 8 AWG, es decir, 3,2 mm de diámetro y el más delgado el 30 AWG cuyo diámetro es 0,25 mm, mientras más grueso sea el alambre mayor será su capacidad para medir temperatura.

3.1.3.2. Cable termopar tipo K

Tiene una composición de Cromel y Alumel, este cable termopar tipo K respeta toda su composición para evitar las pérdidas de señal, también se le conoce a este cable como:

- Cable compensado tipo K.
- Cable para termocupla.

- Algunos como cable de Alumel-Cromel.
- Cable de extensión.

Este cable principalmente se utiliza para extender una línea de extensión entre los sensores y equipos de medición, ya que estos cables son fabricados en una gama de materiales aislantes diferentes, observe Figura 3.2.

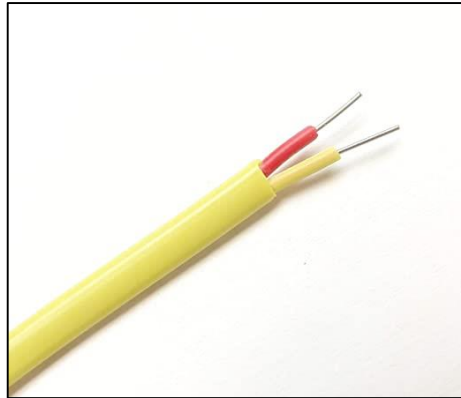


Figura 3.2. Cable Alumel-Cromel

El cable grado termopar nos da un error máximo en mediciones de 1,1 °C, al contrario que el cable de extensión nos da 2,2 °C de error en temperatura ambiente. Los calibres para el uso comercial son:

Tabla 3.5. Medida y sección circular del conductor.

AWG	mm	mm ²
16	1,29	1,30
18	1,02	0,82
20	0,81	0,51

Para la conexión de las termocuplas se selecciona el Cable Alumel - Cromel de 16 AWG como se observa en la Figura 3.2., también se denomina cable de extensión, el mismo que nos ayudará para el proceso de adquisición de datos, ya que están conectados a cada una de la termocuplas.

Tabla 3.6. Características cable termopar tipo K

Características	
Materiales aislantes	PTFE
Material de la funda	Cloruro de polivinilo
Sección área	16 AWG – 1,30 mm ²

Resistencia en	Aceites y ácidos
Límite de error	$\pm 2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ o $\pm 0,75\%$
Rango	$-150 \text{ }^\circ\text{C}$ a $1100 \text{ }^\circ\text{C}$

3.1.3.3. Módulo de adquisición de datos NI 9205

El NI 9205 es un módulo de la serie C, para usarse con chasis NI CompactDAQ y CompactPJO. Además, cuenta con 32 entradas de una sola terminal o 16 entradas analógicas diferenciales, con una resolución de 16 bits y máxima velocidad de muestreo de 2550 kS/s.



Figura 3.3. Módulo de adquisición de datos NI 9205

Fuente: National Instruments

En la Figura 3.3, se observa que el módulo tiene canales con rangos de entrada programables de $\pm 200 \text{ mV}$, ± 1 , ± 5 y $\pm 10 \text{ V}$. El NI 9205 incluye hasta 60 V de protección contra sobre voltajes entre canales de entrada y común (COM), como también para protegerse contra señales transitorias. Además, el NI 9205 incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para alto rango de voltaje en modo común, seguridad e inmunidad a ruido, está diseñado para protección de sobre voltaje transitorio de 1,000 Vrms.

Tabla 3.7. Características de NI 9205.

Características	
Resolución (Bits)	16 bit
Núm. De canales de entrada	32
Canales diferentes	16
Tensión de alimentación	$\pm 200 \text{ mV}$ a $\pm 10\text{V}$
Compatibilidad	CompactDAQ
Longitud x ancho	9 cm x 2,3 cm

Tipo de medición	Voltaje
Bus de comunicación	Ethernet

Este módulo fue elegido por que presenta ventajas para la configuración de medición, elección del termopar y la configuración del rango de temperatura. Posee numerosas de entradas para conexiones futuras de termopares. Además, este módulo facilita la conexión directa con LabVIEW, debido a que son productos de National Instruments. Este módulo va conectado al chasis cDAQ-9184, el mismo que energiza al módulo y transfiere los datos hacia la interfaz gráfica. Ver Anexo III: Especificaciones de los materiales.

3.1.3.4. NI CompactDAQ-9184

El cDAQ-9184 es un chasis Ethernet CompactDAQ que puede estimar sensores basados en temperatura, voltaje o extensión. En general, el NI cDAQ-9184 de National Instruments incorpora estas estimaciones y más en un dispositivo que genera la mayor parte de la información a través de una interfaz de bus similar. El usuario puede combinar señales de entrada de voltaje multiplexadas utilizando el marco NI CompactDAQ. Esto permitirá al usuario probar acelerómetros, termopares de baja velocidad y E/S computarizados TTL en un chasis similar usando un controlador similar llamado NI-DAQmx. Este chasis NI CompactDAQ de 4 ranuras gana terreno y es menos exigente, ya que el usuario utiliza un controlador similar para todas las estimaciones. Esta disposición ahorra espacio y mejora la administración y el soporte para el usuario.



Figura 3.4. Chasis cDAQ-9184 de NI
Fuente: National Instruments

Para la adquisición de información, la interfaz Ethernet en NI cDAQ 9184 ofrece dos circunstancias favorables cuando se compara con otras PC regulares: largas longitudes de cableado y marco disperso. Ethernet es perfecto para realizar estimaciones en separaciones

más allá del punto de confinamiento de 5 m de un enlace USB. Un solo enlace CAT 5E puede alcanzar los 100 m antes de requerir un cambio o interruptor para transportar la bandera más lejos.

El NI cDAQ-9184 CompactDAQ Chasis ayudará a procesar los datos hacia la interfaz, para poder visualizar la curva de temperatura, la transferencia de datos se realiza mediante el cable Ethernet conectado directamente hacia la PC, en donde se encuentra la interfaz gráfica realizada mediante bloques de programación en LabVIEW. Además, el chasis energiza el módulo NI 9205. Ver Anexo III: Especificaciones del chasis cDAQ-9184.

a. Partes de cDAQ-9184

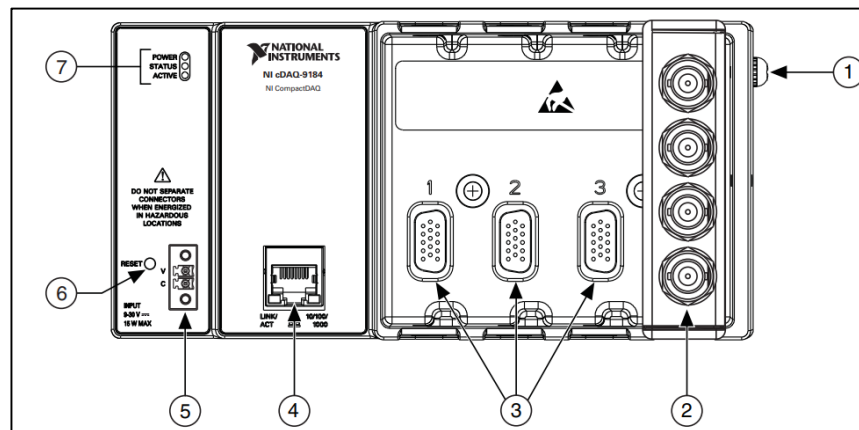


Figura 3.5. Partes de cDAQ-9184

Fuente: National Instruments

1. Tornillo de puesta a tierra del chasis.
2. Módulo serie C Instalado.
3. Ranuras para módulos.
4. Puerto Ethernet, LINK/ACT y LED 10/100/100.
5. Conector de alimentación.
6. Botón de reinicio.
7. LED de alimentación, estado y activo.

3.1.3.5. Cable Ethernet RJ45

Este cable ofrece comunicación entre dos dispositivos, en este caso es entre el módulo NI 9205 y PC (LabVIEW). El cable Ethernet viene con conexiones de extremo frontal y posterior de Ethernet macho de 8 pines. Este cable está diseñado para admitir varios protocolos de transmisión Ethernet y funciona a través del protocolo auto negociado por las interfaces conectadas.



Figura 3.6. Cable Ethernet RJ45

El cable Ethernet se usa ampliamente en la construcción de sistemas de control y automatización industrial porque Ethernet ha aparecido como un medio rápido y seguro para la transmisión de datos de procesos, señales y comandos de control. Con los sistemas de control basados en Ethernet, también se puede lograr el control remoto y la resolución de problemas. Ver Anexo III: Especificaciones cable Ethernet.

3.1.3.6. Funda de protección térmica

Esta funda ayuda a proteger el cable Alumel - Cromel de altas temperaturas que produce el horno, ya que los cables están conectado al conector mini macho de las termocuplas hacia el módulo de adquisición de datos. Ver Anexo III: Especificaciones funda térmica.



Figura 3.7. Funda de protección térmica

3.1.4. Análisis del Proceso de Homogenizado

En la Empresa existe un horno en donde se realiza el proceso de homogenizado en los billets de la aleación 6063, que principalmente consiste en combinar la aleación de silicio y magnesio para remover tensiones en la aleación y eliminar la micro-segregación, para ello, los billets pasan por tres etapas: Calentamiento, Mantenimiento o permanencia y enfriamiento.

Para el desarrollo del HMI es necesario analizar el proceso de homogenizado en el horno de fusión, para poder determinar la colocación de los testigos en las diferentes áreas del coche, con el fin de tomar medidas de temperatura en los diferentes espacios o zonas. Mediante el diagrama de flujo se describe el proceso de homogenizado:

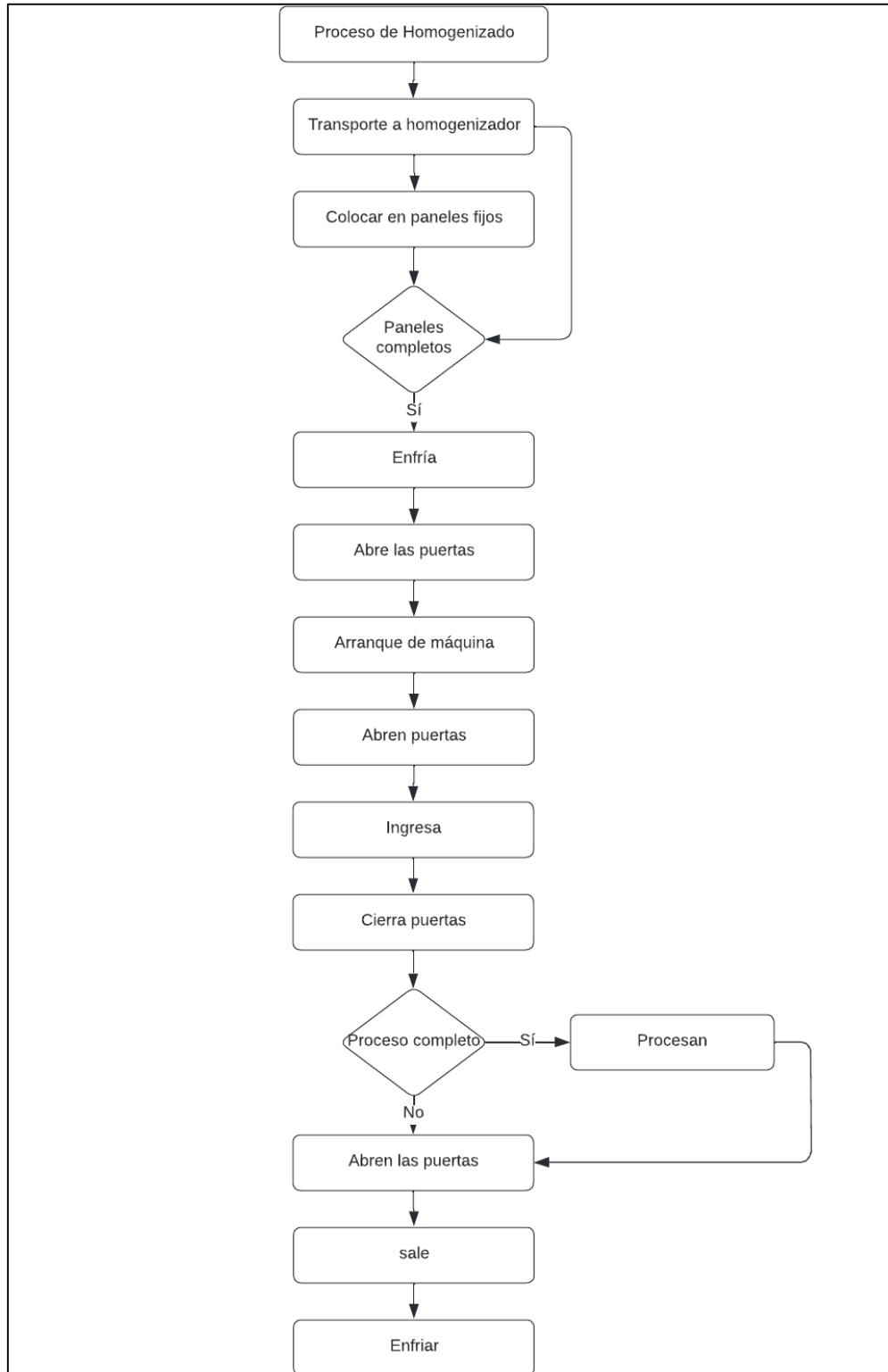


Figura 3.8. Diagrama de flujo proceso de homogenizado

3.1.5. Diseño de HMI

Para el diseño del HMI se realiza una venta que permita visualizar las señales generadas por los sensores de temperatura, y para ello se utilizó LabVIEW. Las señales procedentes de los sensores se procesarán en el módulo NI 9205, el mismo que se encuentra conectado al chasis cDAQ-9184, los datos se transfieren mediante el cable Ethernet desde el chasis hacia la PC, en donde se encuentra la ventana de interfaz gráfica realizada con los diferentes bloques de programación, ver Figura 3.9 diagrama de flujo del proceso de adquisición de datos.

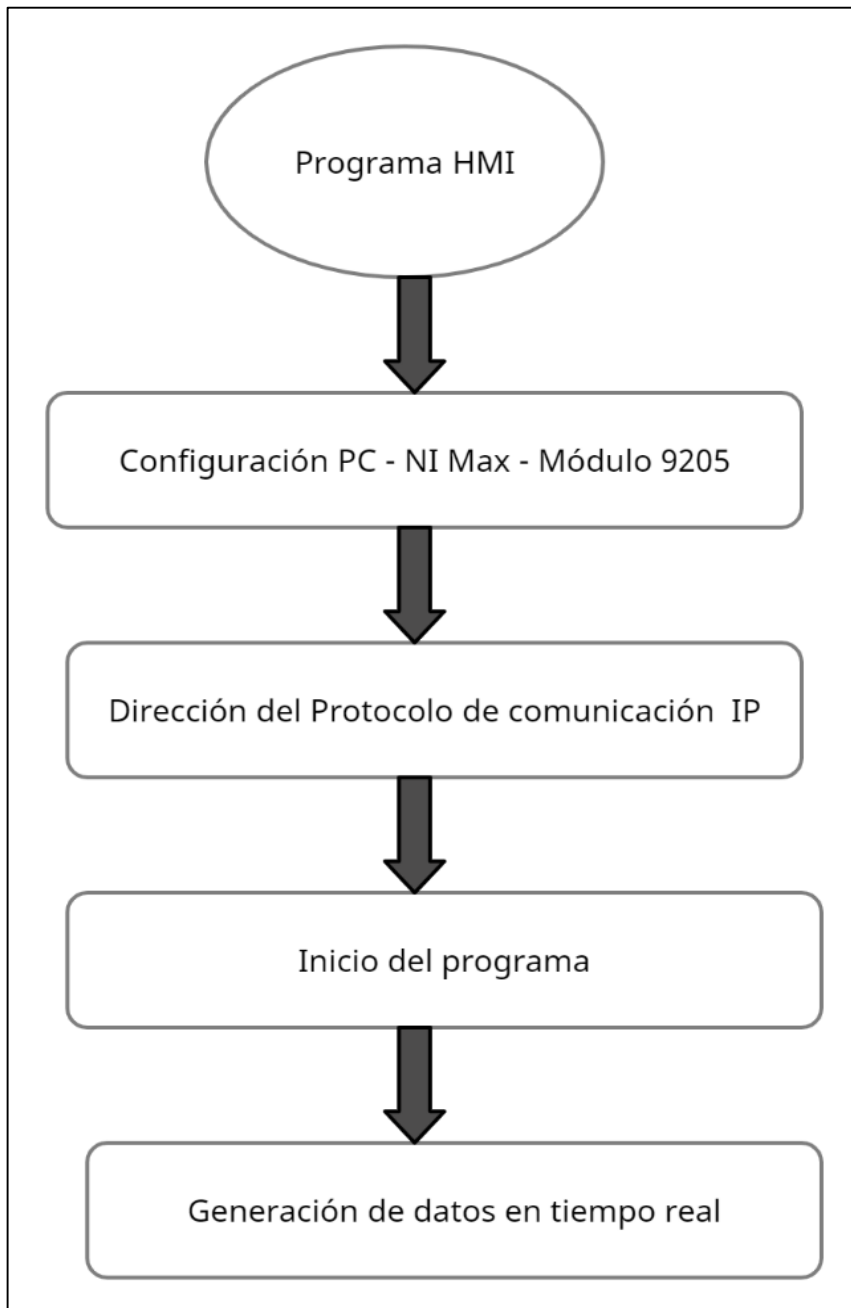


Figura 3.9. Diagrama de bloque proceso de adquisición de datos

3.1.5.1. Método para adquisición de datos

El método que se emplea para la adquisición de datos es el sistema DAQ, la cual, nos ayuda a adquirir información del mundo analógico como temperatura, humedad, presión etc., esto va depender del sensor para adquirir una señal digital, para lo cual esta LabVIEW para interpretar esos datos.

3.1.5.2. Programación en LabVIEW

Como sabemos LabVIEW es un entorno gráfico de programación, que brinda un lenguaje de programación visual gráfico, una alternativa para el desarrollo de HMI por su entorno de programación, software libre y sobretodo la optimización de procesamiento de datos entre dispositivos de National Instruments.

La pestaña de visualización de datos de temperatura se realiza en este programa, empleando los diferentes bloques de programación que nos facilita el procesamiento de datos provenientes de NI 9205. Para la adquisición de datos fue necesario instalar el complemento denominado NI DAQmx, dentro de este paquete existe un programa llamado NI Max, lo cual nos ayuda a reconocer el hardware conectado a la misma, es decir, ayuda la comunicación entre el módulo cDAQ 9184 y el software de LabVIEW, también nos ayuda a configurar el hardware y a simular tarjetas de National Instruments. A continuación, se detalla los bloques empleados para la comunicación:

a. NI-DAQmx Crear Canal Virtual

En la Figura 3.10 se observa el bloque de programación que permite crear canales virtuales, este bloque permite la generación y medición de temperatura, voltaje, resistencia.

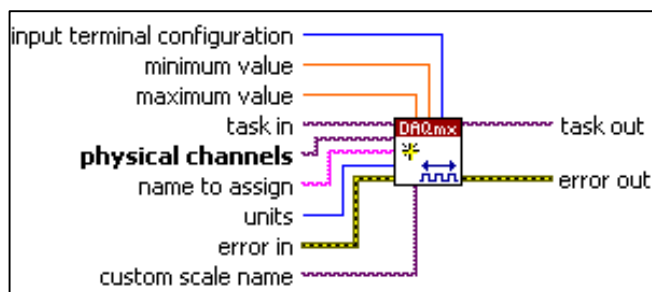


Figura 3.10. Bloque NI DAQmx

Para seleccionar la medición de temperatura seleccionar la entrada analógica después seleccione temperatura y escoja termocuplas como se muestra en la Figura 3.11.

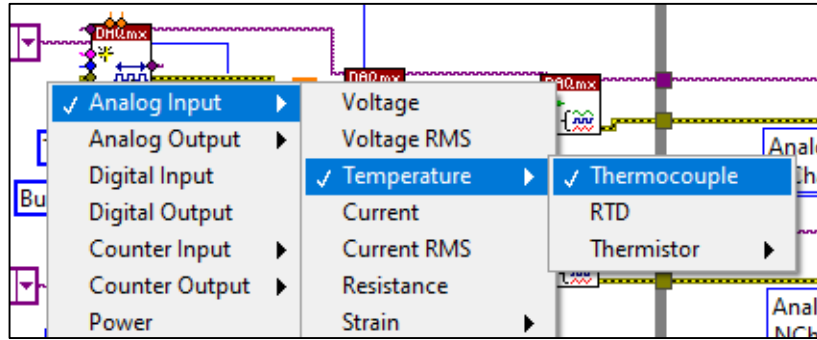


Figura 3.11. Configuración del bloque NI DAQmx

b. Temporización DAQmx (VI)

En la Figura 3.12 se observa el bloque que permite generar, adquirir número de muestras, también permite crear un búfer si fuera necesario.

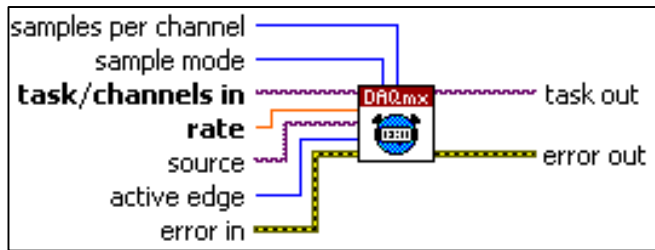


Figura 3.12. Bloque DAQmx

Para configurar seleccionar sample clock (Analog/Counter/Digital), de esta manera utilizamos el bloque como un contador analógico digital, seleccionar continuos Samples esto permite generar una muestra continua de datos, ver Figura 3.13.

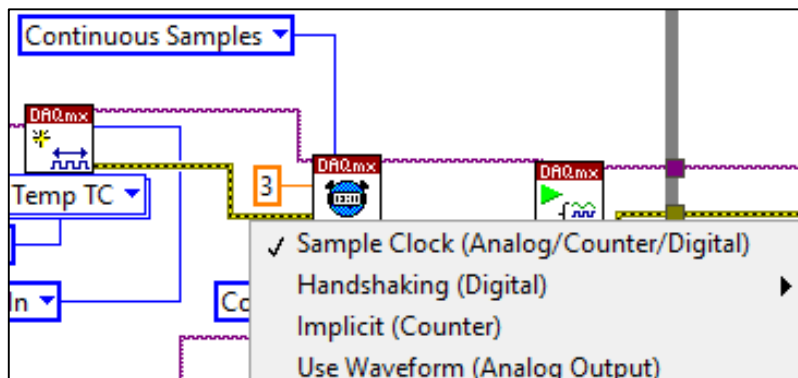


Figura 3.13. Configuración del bloque DAQmx

c. Tarea de inicio de DAQmx (VI)

En la Figura 3.14 se observa el bloque de transición de tareas al estado de ejecución para comenzar la generación o medición, es de estado obligatorio.



Figura 3.14. Bloque DAQmx (VI)

d. Lectura DAQmx (VI)

Función de adquisición de datos lee las muestras de canales virtuales que se especifique, seleccionar el tipo de dato a utilizar, seleccionar múltiples canales, el tipo de muestra única y 1D DBL para leer la entrada analógica, ver Figura 3.15.

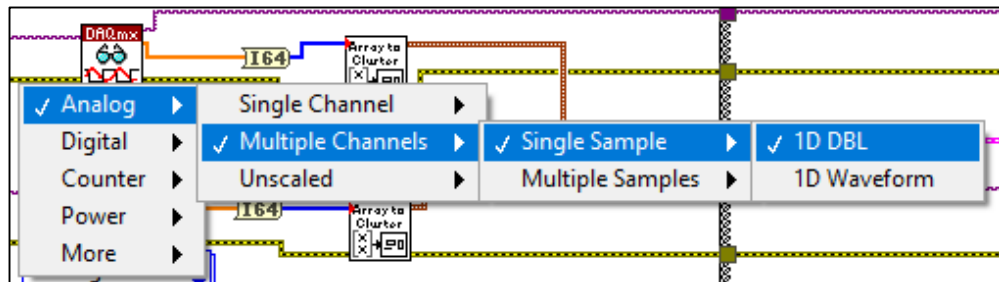


Figura 3.15. Configuración de bloque DAQmx para lectura de datos

e. Función de Entero Cuádruple

Esta función convierte un numero en un entero de 64 bit, nos ayudara a procesar los datos procedentes del NI 9205.

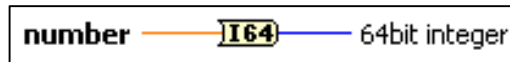


Figura 3.16. Función To Quad Integer

f. Función de paquete

Esta función permite ensamblar un grupo a partir de elementos individuales.

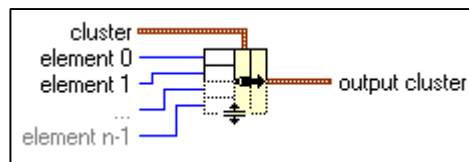


Figura 3.17. Función Bundle

g. Tarea de parada de DAQmx (VI)

Detiene la tarea de recopilación de datos y lo devuelve al estado en que se encontraba.

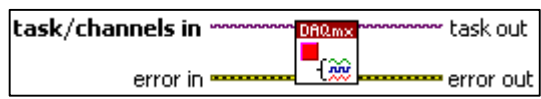


Figura 3.18. Bloque de tara deparada DAQmx (VI)

3.1.6. Interfaz Gráfica

Una vez realizado la programación en el software de LabVIEW, se puede observar una venta que prácticamente es la comunicación o Interfaz con la máquina (horno). Al ejecutar el programa muestra la temperatura de masa en los billets en tiempo real, pudiendo analizar e interpretar la curva característica de temperatura en las diferentes etapas que tiene el proceso de homogenizado. La interfaz tiene la posibilidad de graficar 32 señales de termocuplas, las cuales se pueden observar en la función principal Termocuplas 1-16 y Termocuplas 17-32.

La interfaz gráfica presenta un panel general en donde se visualizan las temperaturas, esta pantalla cuenta con 7 funciones:

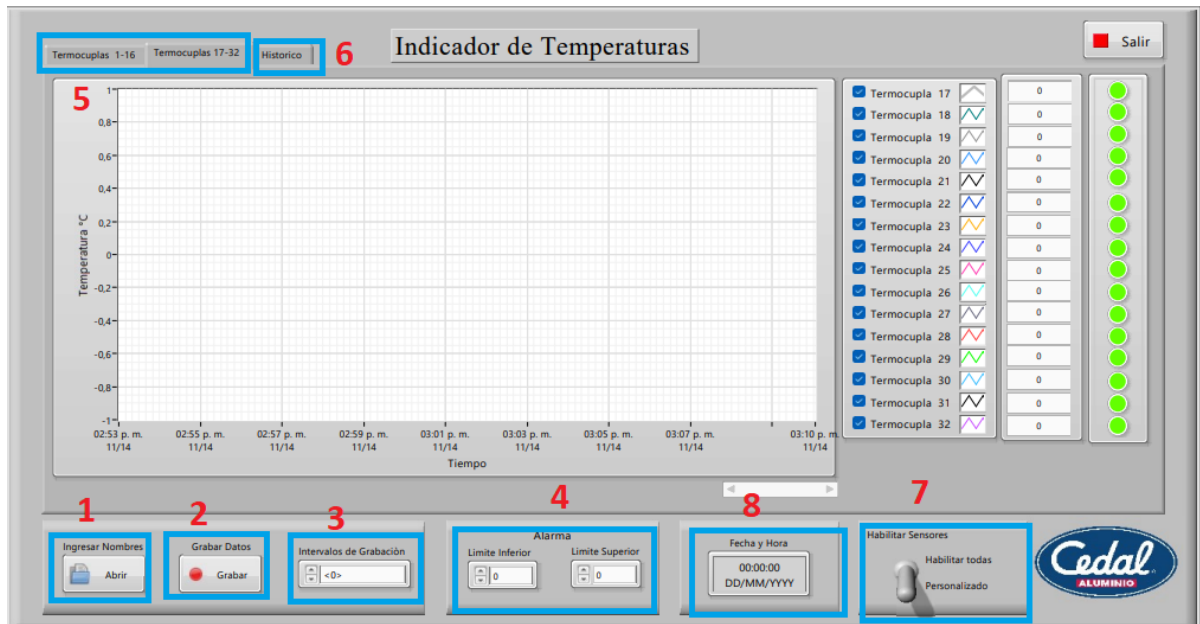


Figura 3.19. Interfaz gráfica desarrollado en LabVIEW

Fuente: Autores

1. Al accionar el botón se desplegará una nueva ventana con las opciones para ingresar nuevos nombres a las termocuplas y un nombre del operario.
2. Para comenzar a grabar los datos se debe seleccionar el botón “Grabar”, cuando el botón se encuentra de color “amarillo” indica que se están grabando datos en el archivo de registro.
3. Intervalos de tiempo de grabación de los datos.
4. Alarma que indica cuando sobrepasa un umbral de temperatura.
5. Pestañas para visualizar los datos de temperatura en tiempo real.
6. Pestaña para visualizar un histórico de datos de cualquier fecha, para seleccionar el archivo accionamos el botón.

7. Botón que permite una selección personalizada para visualizar las señales de las temperaturas o la alternativa de visualizar las señales de los 32 sensores al mismo tiempo.

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.2.1. Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utiliza la técnica de simulación y medición, ya que permite evaluar la variación de la temperatura mediante los instrumentos empleados para el diseño del HMI. En este apartado se habla sobre los resultados obtenidos de la implantación Interfaz Hombre-Máquina que va desde la programación, colocación, conexión de los diferentes materiales. La preparación de los testigos es el punto de partida para la medición y recolección de datos para obtener la curva de temperatura en el proceso de homogenizado, ya que mediante esta curva se realiza la comparación entre la temperatura de aire dentro del horno de homogenizado y la temperatura de masa en los billets de aluminio para la aleación 6063.

3.2.1.1. Preparación de testigos

Tabla 3.8. Guía de preparación de testigos

Recolección de información	Preparación de testigos
Método	Determinación de muestras de lote homogenizado
Equipo de protección personal	Gafas, guantes de hilo, zapatos de seguridad, auditivos
Herramientas o equipos	Sierra de corte de lingotes de aluminio, taladro, módulo NI cDAQ-9184, taladro, broca de 3/8
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Con la ayuda de la sierra realice un corte de 10cm de espesor de un billet completo 2. Realice una perforación de 4 cm hacia el centro del testigo. 3. Coloque la termocupla tipo bayoneta dentro del orificio. 4. Sellar la unión de la termocupla con fibra de vidrio. 5. Colocar el testigo y la termocupla en el soporte. 	



Figura 3.20. Soporte para el alojamiento de los testigos



Figura 3.21. Soporte para el testigo

3.2.1.2. Ubicación de termocuplas

Se instalan cuatro termocuplas que medirán la temperatura dentro del horno de homogenizado, estas se encuentran en la segunda y cuarta fila como se observa en la Figura 3.20, Figura 3.21 y Figura 3.22.

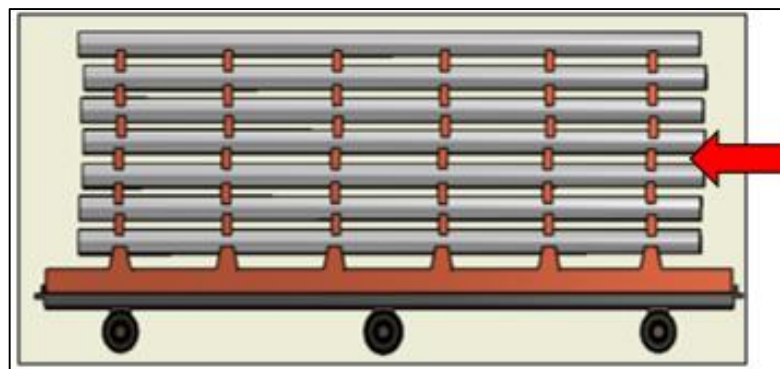


Figura 3.22. Ubicación de las termocuplas

Las termocuplas tienen una separación para realizar la medición en diferentes zonas con el fin de medir la temperatura que reciben los billets de aluminio en la aleación 6063.

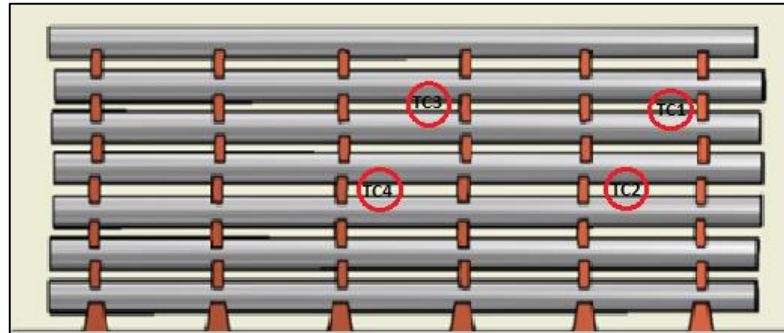


Figura 3.23. Zonas en donde están ubicados las termocuplas

3.2.1.3. Conexión del sistema de adquisición de datos

Se debe alimentar el chasis NI cDAQ-9184 con el cable de alimentación que viene incorporado, en este chasis se inserta el módulo NI 9205 de forma frontal, en donde se encuentra los pines de conexión para el procesamiento de datos. El cDAQ-9184 transmitirá los datos por medio del cable Ethernet hacia el ordenador, la tarjeta utilizada es un Compact Data NI 9205, en la cual estarán conectados cuatro termocuplas tipo K, permitiendo medir la variación de temperatura en los billets de aluminio, ver Figura 3.24.



Figura 3.24. Conexión cable termopar al módulo NI 9205

Se realiza el conexionado y la identificación de cada termopar en un gabinete eléctrico esto permitirá reemplazar fácilmente el termopar en caso de sufrir algún daño interno o externo. Como se observa en la Figura 3.25, cada uno de los cables están cubiertos con una funda térmica, para proteger de la temperatura en las diferentes etapas.



Figura 3.25. Denominación del cable termopar en el gabinete eléctrico

3.2.1.4. Programación en el software LabVIEW

Para comenzar la programación se debe abrir el software LabVIEW al ingresar se deberá elegir crear un nuevo proyecto donde se almacenará el programa, los sub VI, carpetas, imágenes, otros archivos generados en la programación, ver Figura 3.26.

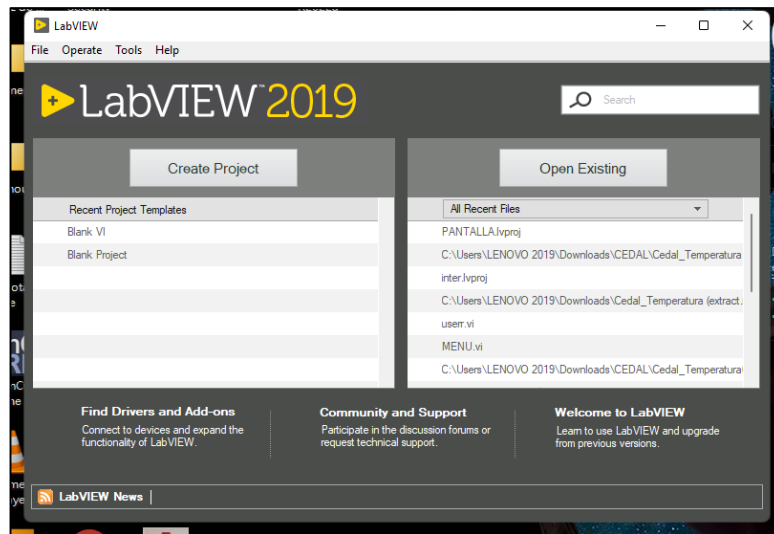


Figura 3.26. Ventana principal de LabVIEW

a. Ingreso de usuarios en LabVIEW

En el panel frontal se crea el diseño de la interfaz gráfica en este caso se utilizó un Tap control para cambiar de ventana sin la necesidad de generar ventanas emergentes. Para seleccionar el usuario utilizar el combo box la cual genera una lista desplegable mediante una estructura de caso se compara el string donde se ingresa la contraseña si la contraseña ingresada es igual a la contraseña generada en el combo box la sentencia es verdadera y abre la pantalla donde se muestra el registro de temperatura, ver Figura 3.27.

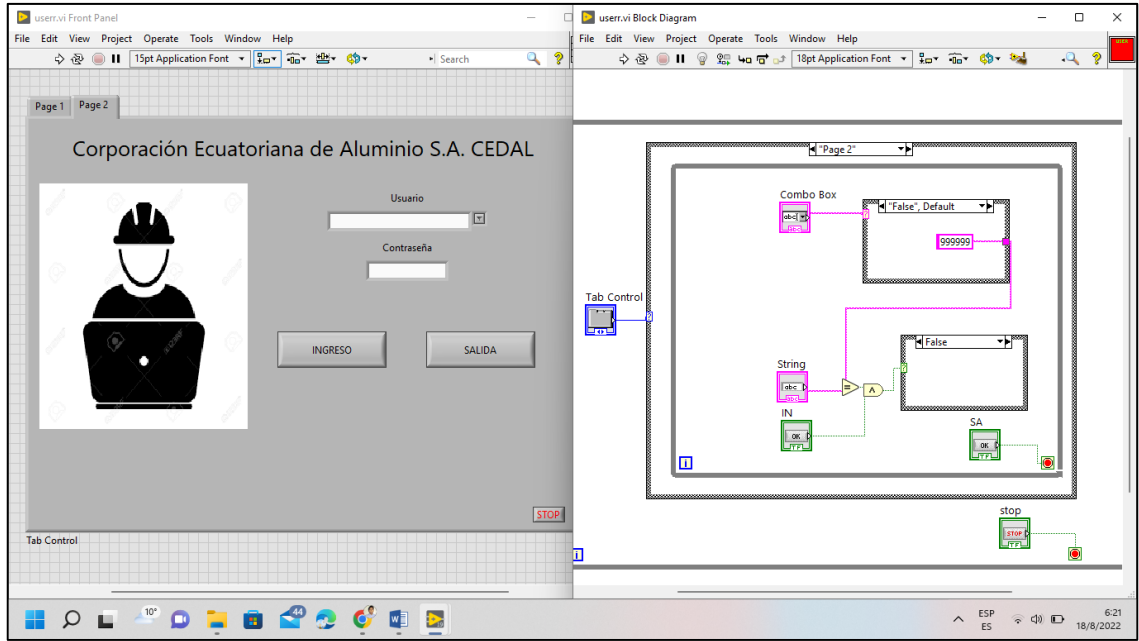


Figura 3.27. Interfaz y programación para el ingreso de usuarios en LabVIEW

b. Indicador de temperatura

En esta ventana se muestra en comportamiento de temperatura mediante una gráfica, esta ventana cuenta con la capacidad de graficar 16 termocuplas.

Mediante el paquete de bloques NI Max se procede a obtener, filtrar y acondicionar las señales analógicas enviadas por el modulo NI 9205 las señales llegan a una estructura de caso si se selecciona la venta de gráficas la estructura se denomina “lectura” donde las señales pasan a un arreglo cluster (grupo), el cual muestra la gráfica generada por la variación de temperatura. En la Figura 3.28 se observa la programación mediante bloques.

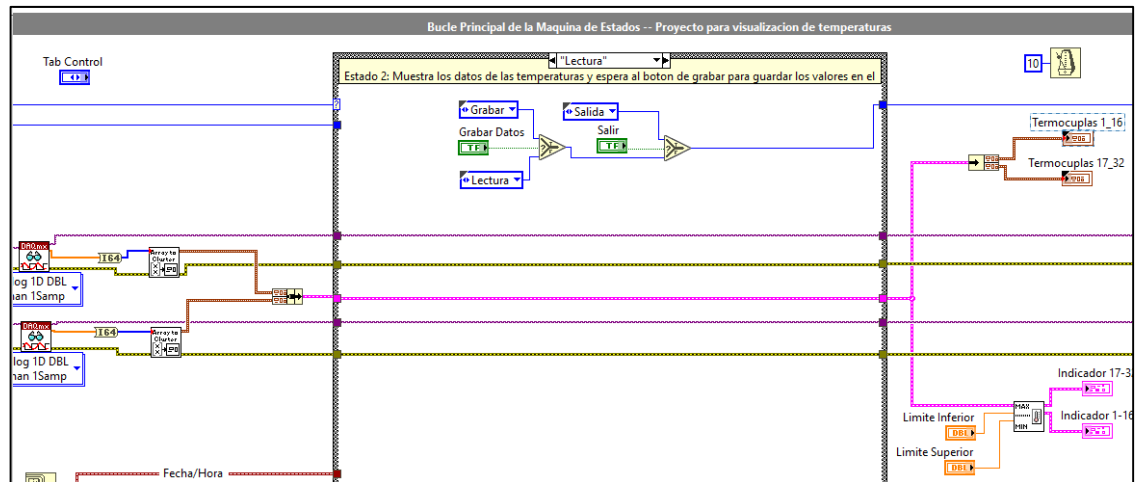


Figura 3.28. Diagrama de bloques para realizar la gráfica de temperatura

c. Habilitar o deshabilitar todos los sensores

Mediante un arreglo cluster (grupo), se envía una sola señal digital a una estructura for loop (bucle), esta se ejecutará 16 veces ya que existe 16 termocuplas en la pantalla de visualización, cuando la sentencia es verdadera se habilitan las termocuplas y la sentencia envía por el cluster es falsa se deshabilitan las termocuplas, ver Figura 3.29.

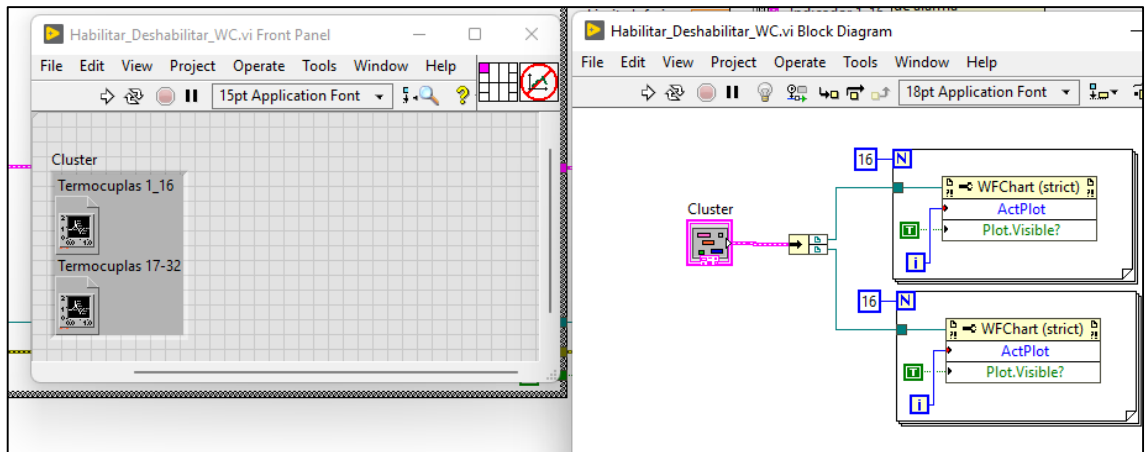


Figura 3.29. Diagrama de bloques para habilitar y deshabilitar los sensores de temperatura

d. Tabla para el ingreso de nombres para las termocuplas

Mediante una función de matriz se ingresan el nombre que desee asignar a la termocupla, utilizando una variable local se puede editar el nombre en la pantalla de visualización del programa, ver Figura 3.30.

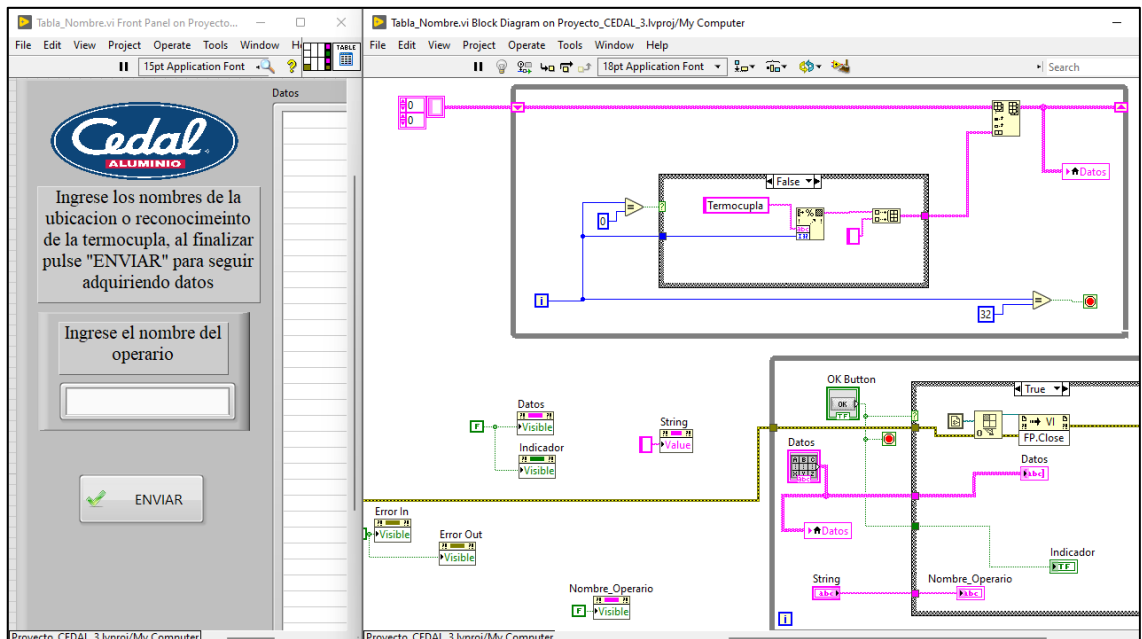


Figura 3.30. Función para asignar nombres para cada termocupla

e. Registro de datos

Mediante este programa de bloques se genera un archivo “csv” donde se exportarán los datos obtenidos mediante el modulo NI 9205, utilice el bloque “Get Date” para obtener el valor de fecha y hora generado en el programa, usando el bloque “Format Into String Function” se genera la carpeta, el tipo de archivo y la fecha. En la Figura 3.31 se observa los diferentes bloques empleados para guardar los datos.

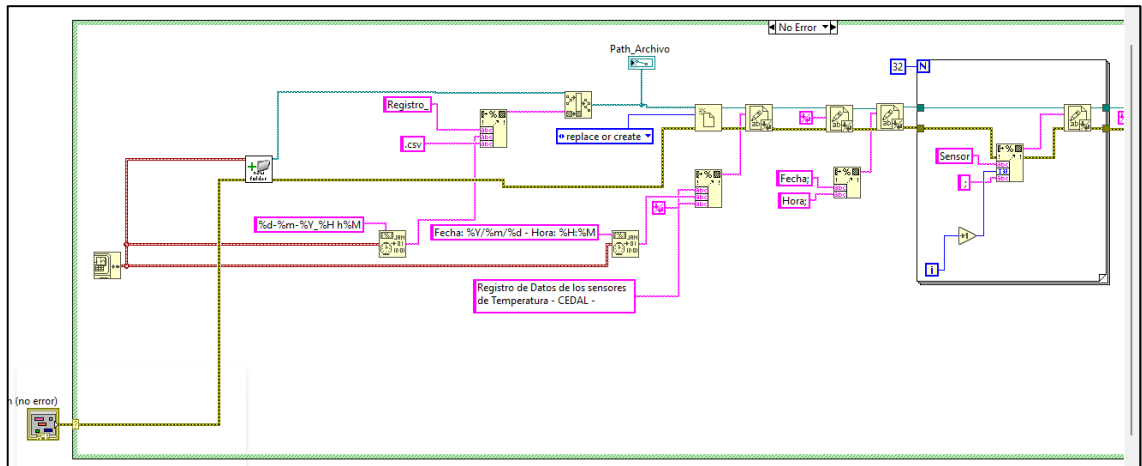


Figura 3.31. Escritura de datos en archivo “csv”

Este bloque se debe conectar hacia el bloque “Write to Text File Function”, este bloque permite establecer la posición de escritura dentro del archivo “csv”, se utiliza una estructura for loop para generar el número de columnas necesarias para cada termocupla, en ellas se registrarán los datos durante un período de tiempo establecido por el usuario.

3.2.2. Análisis de temperatura en los testigos

3.2.2.1. Temperatura de aire en el horno de homogenizado

Las figuras mostrada hace referencia a las curvas de temperaturas de aire registradas a través de 9 termocuplas situadas en el horno de homogenizado, las cuales se elevan a una temperatura de 630 - 640 °C, la temperatura del aire sufre un descenso hasta los 575 °C, la temperatura se normaliza manteniéndose a 580 °C con una tolerancia de ± 10 °C, dentro de un lapso de 3 horas, que es el tiempo que dura el mantenimiento de homogenizado, para después sacar la carga del horno de homogenizado e ingresar una nueva.

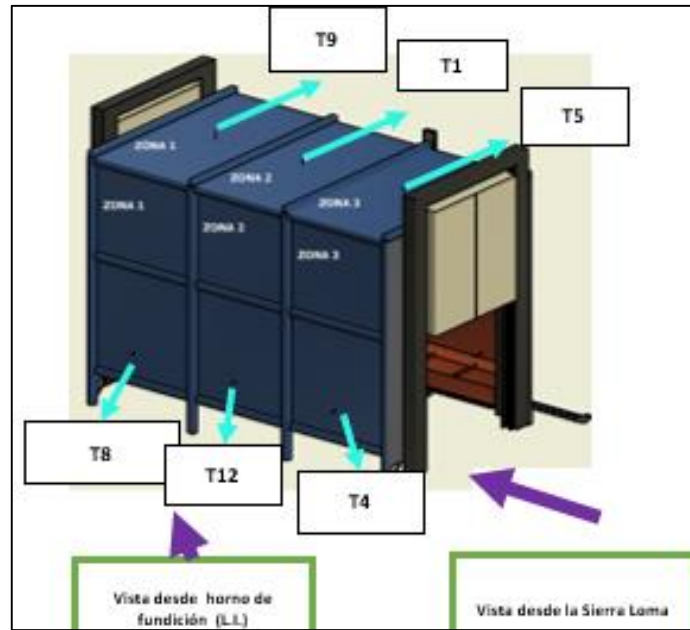


Figura 3.32. Horno de homogenizado

En la Figura 3.32 y Figura 3.33 se observa el horno de homogenizado que está dividido en tres zonas, esto con la finalidad de distribuir el calor en el interior del horno, esto permite una uniformidad de la temperatura en todas las zonas.

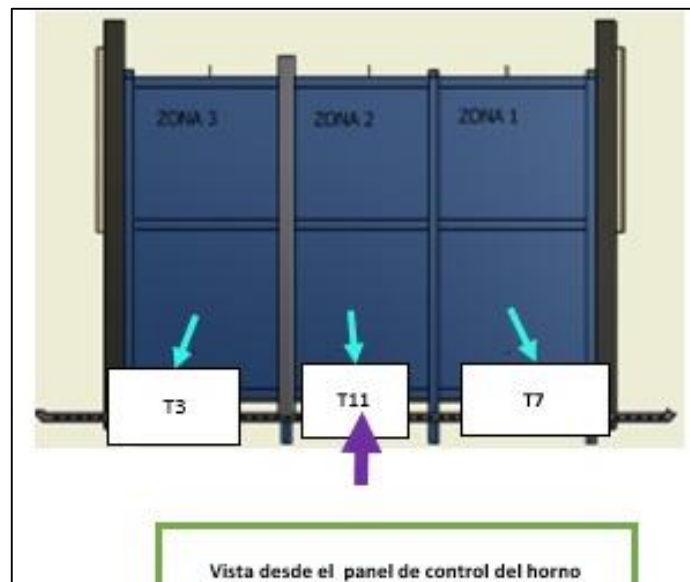


Figura 3.33. Horno de homogenizado vista desde el panel

El grafica generada existe una tolerancia de $\pm 30^{\circ} C$ en las termocuplas TC1 hasta TC9 en el tiempo de calentamiento, la tolerancia para el proceso de mantención es de $\pm 15^{\circ} C$ de temperatura durante 3 horas, puede observar una distorsión desde 18:26 hasta 19: 26 durante una hora la temperatura de permanecía estaba por debajo del límite establecido (558-580 $^{\circ}C$), a partir de esa hora la temperatura de mantención se vuelve a estabilizar.

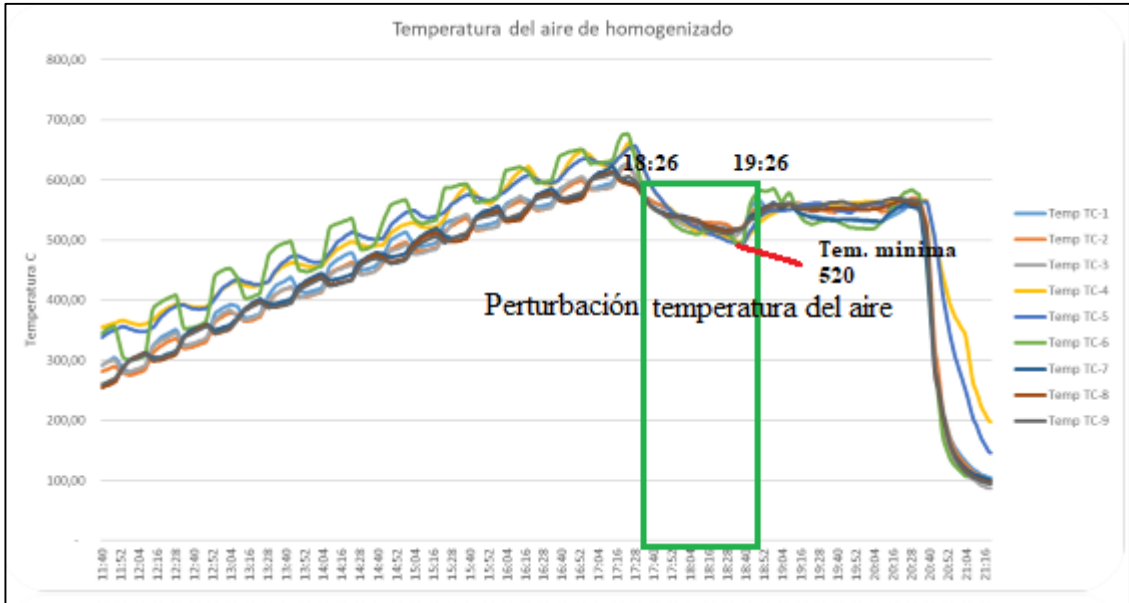


Figura 3.34. Temperatura de aire de homogenizado

Con la ayuda de la gráfica se puede establecer el tiempo que dura el proceso de homogenizado el cual dura 9 horas, estas horas se reparten en tiempo de calentamiento 6 horas, tiempo de permanecía de 3 horas.

Tabla 3.9. Rango de temperatura para el proceso de homogenizado

Descripción	Hora		Temperatura
Tiempo de calentamiento	6	11:40 – 17:40	Calentamiento de 261°C a 630°C
Tiempo de permanencia	3	17:40 – 20:35	La permanencia fluctúa de 558°C a 580°C
Tiempo total del ciclo	9	11:40 – 20:35	9 horas

3.2.2.2. Temperatura de masa en los billets de aluminio

Mediante la ubicación de los testigos se obtuvo los siguientes datos de medición dentro del horno de homogenizado estos datos permiten evaluar la temperatura transferida hacia los billets de aluminio en la aleación 6063.

Tabla 3.10. Datos de temperatura mediante el registro de datos

REGISTRO DE DATOS				
HORA	TC1	TC2	TC3	TC4
11:40:00	40,7	33,8	36,9	31,3
11:40:01	41,0	33,8	37,0	31,4

11:40:02	41,2	34,0	37,1	31,4
11:40:03	41,4	34,1	37,2	31,5
11:40:04	41,6	34,2	37,4	31,6
11:40:05	41,8	34,3	37,5	31,6
11:40:06	42,1	34,5	37,6	31,7
11:40:07	42,2	34,6	37,7	31,7
11:40:08	42,5	34,8	37,8	31,8
11:40:09	42,7	34,8	37,9	31,9
11:40:10	43,0	35,0	38,1	32,0
11:40:11	43,1	35,1	38,2	32,0
11:40:12	43,4	35,2	38,3	32,1
11:40:13	43,6	35,4	38,4	32,2
11:40:14	43,9	35,5	38,5	32,3
11:40:15	44,0	35,6	38,6	32,3
11:40:16	44,3	35,7	38,7	32,4
11:40:17	44,5	36,0	38,8	32,5
11:40:18	44,7	36,1	38,9	32,6
11:40:19	45,0	36,3	38,9	32,7
11:40:20	45,2	36,4	39,1	32,7
11:40:21	45,5	36,6	39,1	32,8
11:40:22	45,7	36,7	39,2	32,9
11:40:23	45,9	36,9	39,3	33,0
11:40:24	46,1	37,0	39,4	33,0
11:40:25	46,4	37,1	39,5	33,1
11:40:26	46,6	37,3	39,6	33,2
11:40:27	46,8	37,3	39,6	33,3
11:40:28	47,0	37,5	39,8	33,3
11:40:29	47,2	37,7	39,9	33,4
11:40:30	47,5	37,9	40,1	33,5

Una vez implementado el sistema HMI en el área de fundición de la Empresa CEDAL S.A, se obtuvieron los datos de las cuatro termocuplas ubicados en diferentes zonas del coche, este registro se realizó durante 25 días de producción, que posteriormente se realizó el promedio para interpretar la temperatura de masa mediante gráficas. Los datos se obtienen directamente de la Interfaz Gráfica en LabVIEW mediante un archivo “csv”. Es importante generar estos datos para la comparación de temperatura de masa en los billets con respecto a la temperatura de aire dentro del horno, para analizar si hay perturbaciones y tomar las medidas correspondientes.

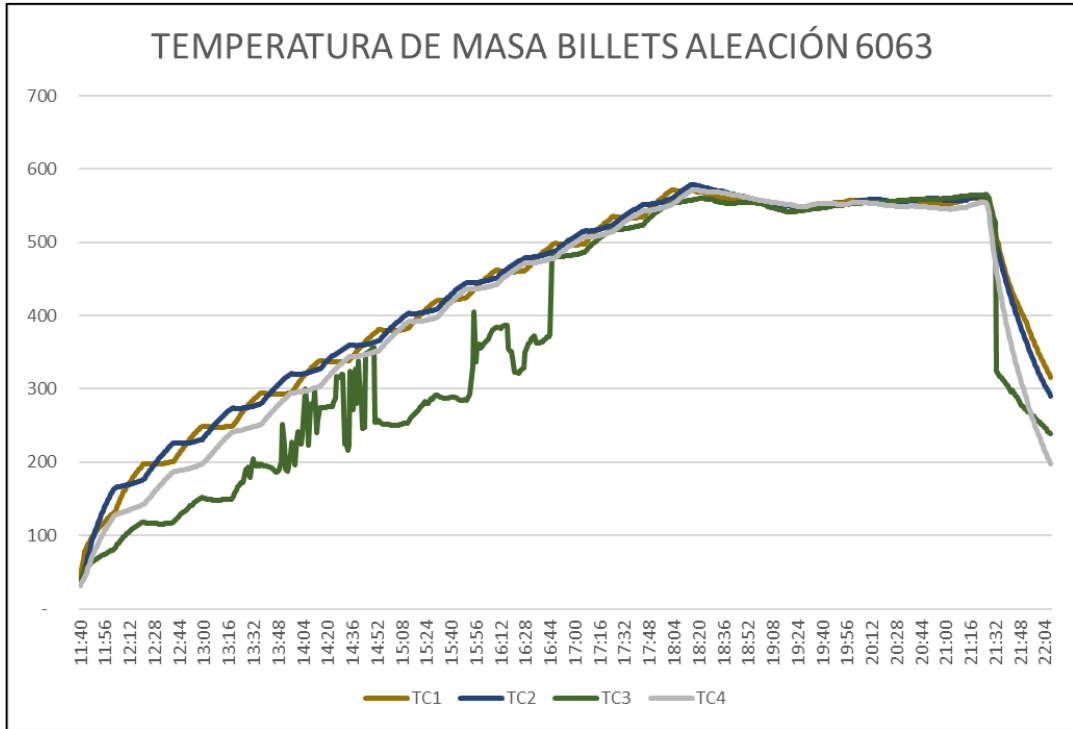


Figura 3.35. Curva de temperatura de masa en los billets

En los testigos TC1, TC2, TC4 existe una tolerancia de $\pm 5^{\circ}\text{C}$, esto nos indica que existe una buena trasferida de calor en los billets de aluminio, en cambio al analizar la gráfica se evidencia la distorsión en la TC3 en esta zona puede existir concentraciones de calor por falta de ventilación, otra de la causa sería el enfriamiento generado por la mala programación en los tiempos de ventilación o la mala calibración de los quemadores.

3.2.2.3. Comparación de la curva temperatura aire y temperatura de masa

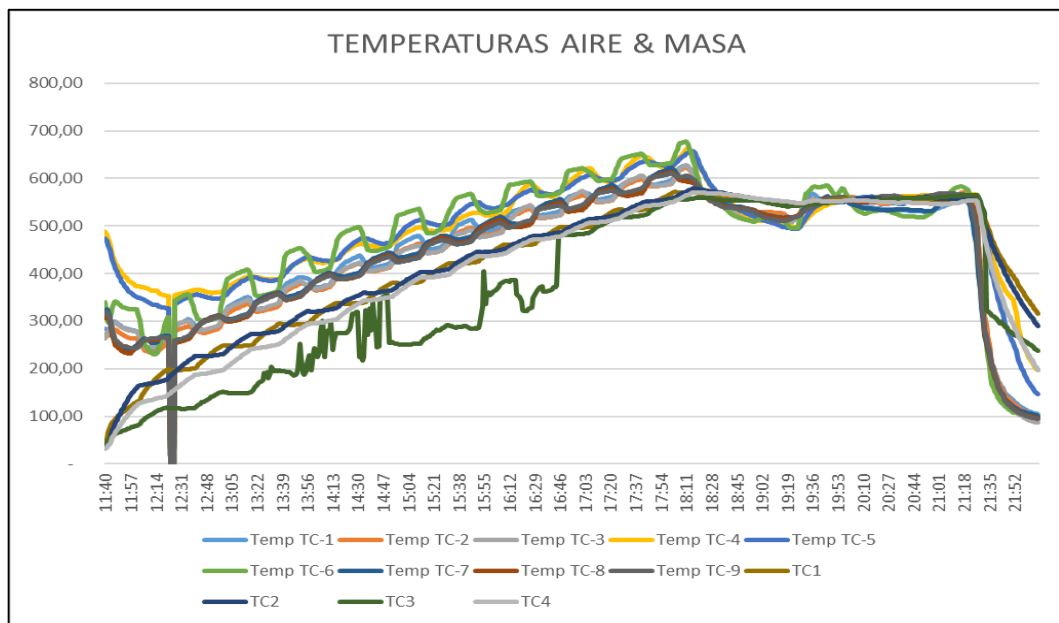


Figura 3.36. Curva de temperatura de aire y masa

La curva de temperatura de masa en el ciclo de mantención de temperatura no tiene perturbaciones en comparación con la temperatura de aire, por medio de este análisis se puede establecer que la temperatura del aire dentro del horno de homogenizado puede tener perturbaciones que no excedan un límite de tiempo mayor a una hora y su temperatura no sea menor a 520 °C la temperatura de masa en los billets de aluminio puede mantenerse en un rango aceptable cumpliendo así con el proceso de homogenizado establecido por el área de fundición.

4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1. CONCLUSIONES

- Por medio de la investigación realizada se pudo determinar los equipos e instrumentos necesarios para realizar la medición a una temperatura máxima de 630⁰C temperatura generada dentro del horno de homogenizado.
- Mediante el paquete NI Max el cual permite la adquisición de señales se logró la conexión del módulo cDAQ-9184 y el software de programación LabVIEW, el VI realizado permite exportar datos en un archivo “csv” generando una carpeta con la fecha de grabación en intervalos de tiempo establecidos por el usuario. Mediante la interfaz gráfica y los datos generados se puede realizar análisis de la curva de temperatura, con el fin de observar cambios bruscos de aire en el interior del horno de homogenizado, estos cambios se verán reflejados como perturbaciones en el gráfico.
- Se pueden evidenciar perturbaciones en la gráfica estas pueden ser causadas por acumulación de aire caliente en alguna parte del coche donde se encuentran los billets, por medio de este programa podemos identificar en que zona existe acumulación de aire caliente, esto permitirá al operador realizar las correcciones necesarias para que la temperatura de aire mínima en la etapa de permanencia sea de 520 °C y el tiempo de perturbación no sea mayor a una hora, si la perturbación tiene un tiempo prolongado la temperatura de masa se verá afectada y al no cumplir con el homogenizado correcto el lote de producción no contará con las propiedades mecánicas, esto se verá reflejado en el área de extrusión donde se da forma al perfil, aquí es donde se realiza el control de calidad, mediante este análisis se pudo rechazar el lote en el área de fundición reduciendo las pérdidas de recursos y maquinaria generadas en las otras áreas.
- Mediante los datos obtenidos se comparó las curvas de temperatura de aire con las curvas de temperatura de masa, dando como resultado, todas las zonas donde se encuentran los testigos de medición de temperatura no existe variación de temperatura

en la etapa de permanecía (558 °C a 580 °C), considerando en base a esto se puede determinar que en el interior del horno de homogenizado puede existir cambios bruscos de temperatura al momento de transferir el calor del aire hacia los billets de aluminio, permitiendo detectar si en alguna zona no se está cumpliendo la curva temperatura en el proceso de homogenizado, al no cumplir con esta curva se debe rechazar el lote de producción en el área de fundición, esto con el fin de ahorrar recursos en el área de extrusión, ya que el producto no cumple con las normas internas de calidad.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario verificar que los paquetes NI Max estén completamente descargadas e instalados, si llegara a faltar alguno de estos, se producirán errores de programación del VI en LabVIEW, otro error que se producirá es no reconocer los módulos de adquisición de datos, tampoco reconocerá el tipo de conexión, ya que al utilizar instrumentos de medición se recomienda verificar la conexión en los terminales, módulos, testigos. Además, es de suma importancia verificar que el instrumento de medición esté libre de cualquier factor externo ajeno al medio donde se realizara la medición, para esto se debe utilizar diferentes tipos de aislamientos, ya sean térmicos, eléctrico, etc.
- Para realizar el análisis de datos y comparación mediante gráficos es necesario tener la misma cantidad de información, por ello se debe verificar que el intervalo de muestras generadas por los dispositivos sean los mismo, si no se verifica esto puede convertirse en un problema al momento de filtrar los datos esto representa pérdida de recursos y tiempo al momento de realizar el análisis.
- En base a los resultados obtenidos se recomienda que las futuras investigaciones se basen en fuentes bibliográficas internacionales para determinar el tipo de transferencia de calor que existe en el proceso de homogenizado en el interior de un horno de combustión.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Inicio | UNESCO». <https://www.unesco.org/es> (accedido 17 de agosto de 2022).
- [2] «Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Sublíneas de Investigación». <https://www.utc.edu.ec/INVESTIGACIÓN/Sublíneas-de-Investigación> (accedido 17 de agosto de 2022).
- [3] «33 - Ciencias Tecnológicas | Revista Scientific». https://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/technological_sciences

(accedido 17 de agosto de 2022).

- [4] D. DE Postgrado y I. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera, «UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA».
- [5] H. Alonso, J. Vivas, E. Vaca, y C. M. S. Latacunga, «UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI UNIDAD ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS ESPECIALIDAD: INGENIERIA INDUSTRIAL», 2012.
- [6] M. Vinicio y H. García, «Diseño e Implementación de un Sistema para Automatización de Dos Hornos para Tratamiento Térmico pertenecientes al Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla del Departamento de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional», mar. 2015.
- [7] GILDARDO ANTONIO RIOS SABOGAL, «DISEÑO DE UNA ESTACION PARA LA MEDICION DE TEMPERATURA DE LOS GASES DE UN MOTOR DE COMBUSTIBLE», 2016.
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/98552003-9105-47bd-bd62-ed2f193700e5/content> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [8] C. ATSDR Division of Toxicology y H. Human Sciences, «CS258257-A ToxFAQs™ sobre el aluminio».
- [9] Weerg staff, «Aluminio: características, propiedades y ventajas», 23 de junio de 2020.
<https://www.weerg.com/es/es/blog/aluminio-características-propiedades-y-ventajas> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [10] «TRATAMIENTOS PROTECTORES SUPERFICIALES PARA EL ALUMINIO-Anodizado».
- [11] «Institucional | Cedal». <http://www.cedal.com.ec/index.php/es/institucional.html> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [12] F. M. Pando Bacuilima y C. M. Zapatán Palacios, «Análisis del proceso de fundición de aluminio y propuestas de mejoras en la eficiencia de producción de bases dentadas en la empresa PRESS FORJA S.A.», 2012.
- [13] H. A. Navas-Moscoso. *et al.*, «Análisis cuantitativo de los elementos aleantes principales precipitados en billets de aluminio de aleación 6063 en equipo de fundición de colada continua horizontal para el proceso de extrusión», *Ingenius. Rev. Cienc. y Tecnol.* , n.º

17, pp. 42-50, dic. 2017, doi: 10.17163/ING.S.N17.2017.06.

- [14] I. Msc Navas Olmedo Bladimiro Hernán, «Diseño de un cuadro de mando integral mediante Microsoft Excel para optimizar el rendimiento del proceso en el área de fundición de la Corporación Ecuatoriana de Aluminio Cedal S.A.», 2020.
- [15] Mika Baumeister, «Aleaciones del aluminio: ¿cuáles son las más importantes y para qué se usan? - ferrosplanes». <https://ferrosplanes.com/aleaciones-del-aluminio-cuales-son-usos/> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [16] «Aleaciones de Aluminio: importancia y tipos - Blog - Perfiles de aluminio». <https://perfilesdealuminio.net/articulo/aleaciones-de-aluminio-importancia-y-tipos/8> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [17] B. Hernán, N. Olmedo, H. Alberto, y N. Moscoso, «Comparación y Efecto del Homogenizado en Billets de Aluminio AA 6063», *KnE Eng.*, vol. 3, n.º 1, pp. 322-331, feb. 2018, doi: 10.18502/KEG.V3I1.1437.
- [18] H. Alonso, J. Vivas, E. Vaca, y C. M. S. Latacunga, «Planteamiento de mejora al proceso para el control de producción de lingotes de aluminio con aleación 6063 en la planta de fundición de la empresa Cedal S.A ubicada en la ciudad de Latacunga», 2012.
- [19] N. M. Toapanta Sandoval y L. R. Velásquez Zurita, «Análisis y optimización del horno de homogenización de lingotes de aluminio en la empresa Cedal S.A. (corporación ecuatoriana de aluminio) del cantón de Latacunga en la provincia de Cotopaxi.», 2011.
- [20] «Extrusión de aluminio. Proceso y Productos - Gestión De Compras». <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/conformado-de-tubos-y-perfiles/extrusion-de-aluminio/> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [21] L. Eladio, V. Guillén, L. Manuel, N. Carvajal, V. Manuel, y G. Torcates, «Caracterización del proceso de anodizado en aluminio Al3003 y Al6063 utilizando técnicas del análisis multifactorial y diseño robusto», *Rev. Técnica la Fac. Ing. Univ. del Zulia*, vol. 35, n.º 3, pp. 233-242, 2012.
- [22] E. Leonel Quijia Gualoto y I. Iza Llumigusin Christian Eduardo, «UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMÉRICA” TUTOR».
- [23] SYNERTECH, «PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE». <https://www.nyfdecolombia.com/plantas/tratamiento-de-agua-potable> (accedido 18 de

agosto de 2022).

- [24] «El mantenimiento, fuente de beneficios - Jean-Paul Souris - Google Libros». https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XgnUny4SjjMC&oi=fnd&pg=PR11&dq=mantenimiento+definiciones&ots=tPf9qk5mNx&sig=1cgtQwJnb5y9GR5zhhbW3l3nGC_I#v=onepage&q=mantenimiento definiciones&f=false (accedido 18 de agosto de 2022).
- [25] Wonderware Iberia, «¿Qué es HMI? - Wonderware Iberia». <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [26] «Sistema HMI: ¿Qué es? ¿Para qué sirve un HMI? | atvise®». <https://atvise.vesterbusiness.com/news/sistema-hmi/> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [27] Lajara Vizcaíno José Rafael, «LabVIEW: Entorno gráfico de programación - José Rafael Lajara Vizcaíno, José Pelegrí Sebastián - Google Libros». <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ZFQua3-eeQEC&oi=fnd&pg=PA21&dq=labview&ots=qJ-zT8PGjr&sig=wsoYYtgtAKRdPuiaQ2vY7PZgbc#v=onepage&q=labview&f=false> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [28] «Estructuras de Ejecución en LabVIEW - National Instruments». <https://www.ni.com/getting-started/labview-basics/esa/execution-structures> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [29] G. S. A. J. Leonel Germán Corona Ramírez, *Sensores y Actuadores - Leonel Germán Corona Ramírez, Griselda Stephany Abarca Jiménez, Jesús Mares Carreño - Google Libros*.
- [30] A. Serna Ruiz, F. A. Ros García, y J. C. Rico Noguera, *Guía práctica de sensores*. Creaciones Copyright, 2010.
- [31] Master SI, «¿Qué es una termocupla y cómo funciona?» <https://www.mastersi.com.pe/blog/69-que-es-una-termocupla> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [32] «TERMOPAR (termocupla). Qué es, como funciona, tipos». <https://comofunciona.co/termopar/> (accedido 18 de agosto de 2022).
- [33] Alutal, «Termocupla, cómo funciona, tipos, consejos y modelos. | Alutal».

<https://www.alutal.com.br/es/termopar> (accedido 18 de agosto de 2022).

- [34] L. Sensing., «Sistema de adquisición de datos modular - Sensing, Sensores de Medida», 11 de junio de 2011. <https://sensores-de-medida.es/medicion/equipos-de-adquisicion-de-datos/sistema-de-adquisicion-de-datos-modular/> (accedido 18 de agosto de 2022).

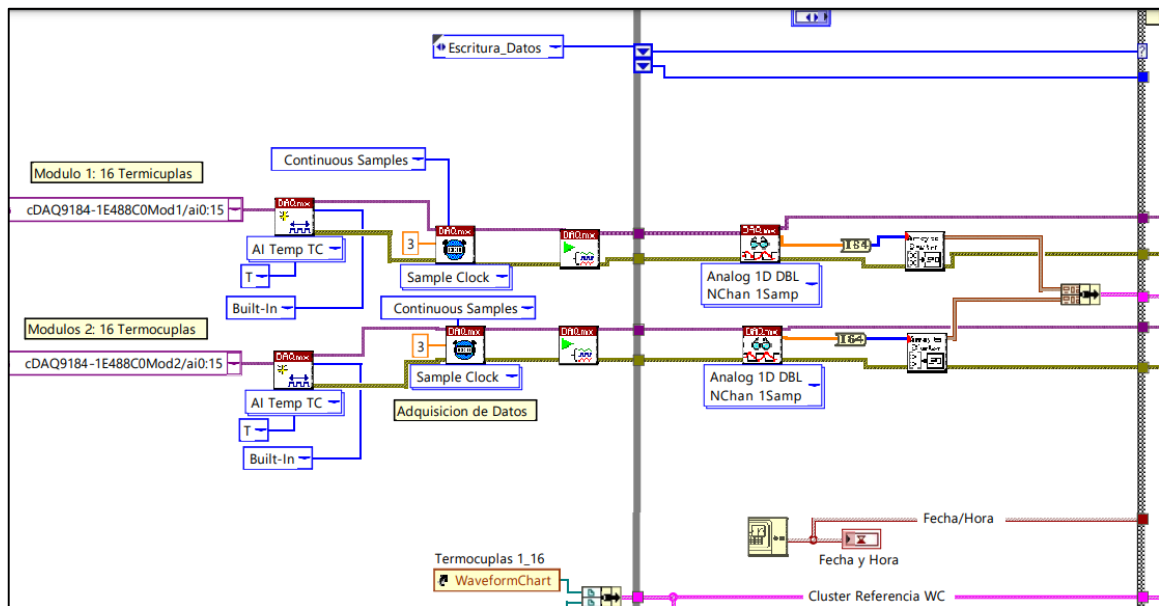
ANEXO I: Diseño de HMI (Interfaz Gráfica)

Figura I.1. Ventana de interfaz gráfica



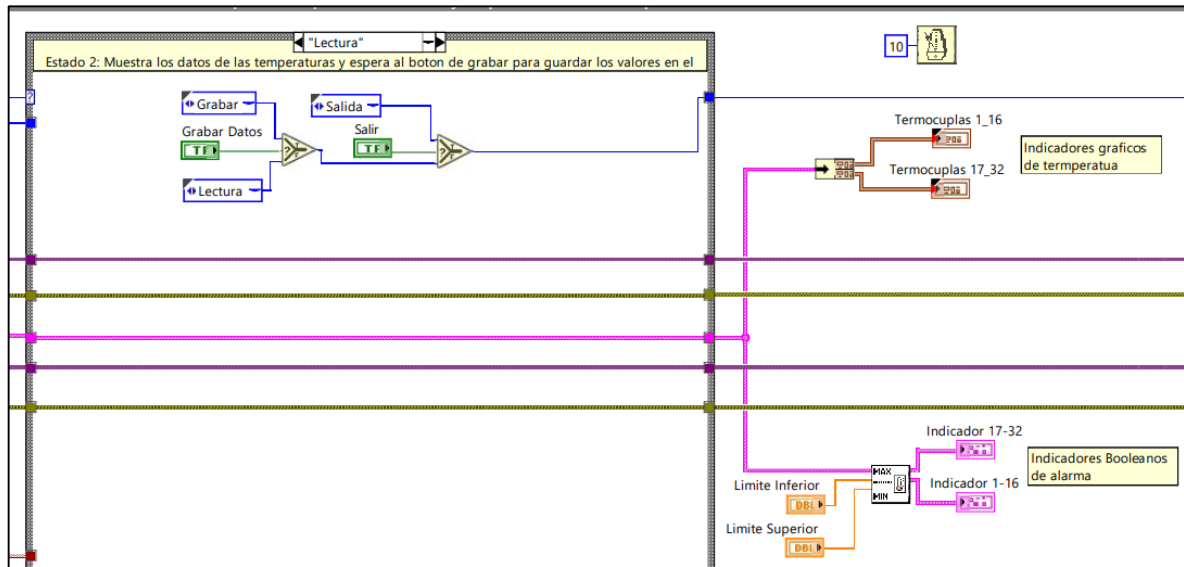
En la Figura I.1 se observa la interfaz gráfica realizada en el software de LabVIEW, para la visualización de temperatura de masa en los billets de aluminio, la interfaz permite un registro de datos que se lo puede descargar mediante un archivo “csv”.

Figura I.2. Bloques del paquete DAQmx



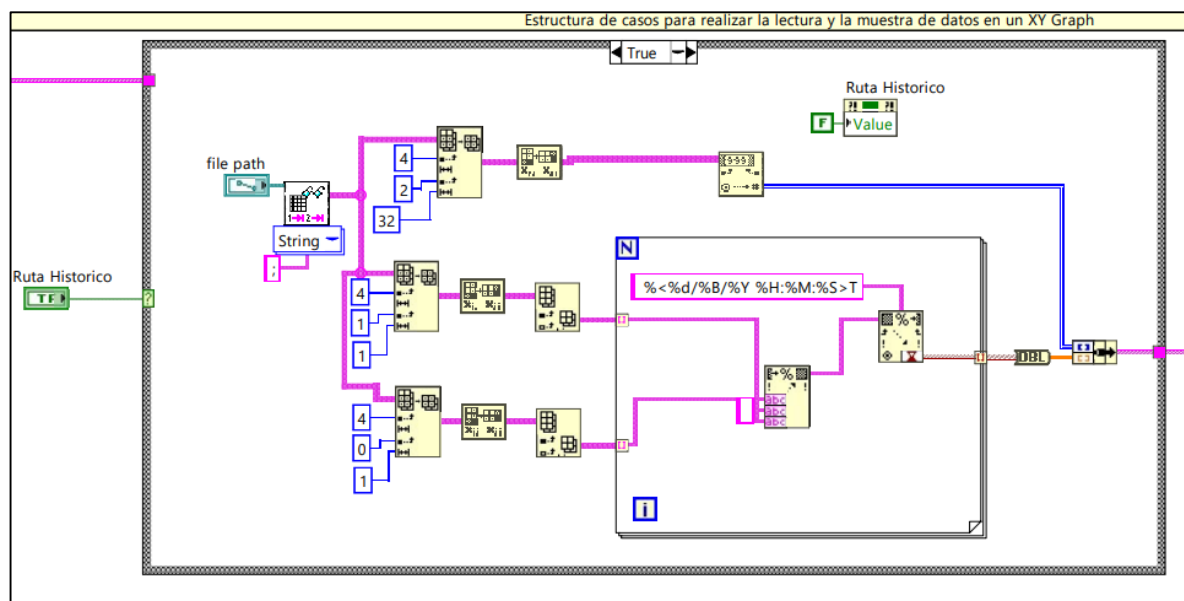
En la Figura I.2 se observa los bloques de DAQmx, que emplearon para la comunicación directa entre la interfaz y el módulo NI 9205 mediante el cable Ethernet.

Figura I.3. Estructura para lectura de datos



En la Figura I.3 se observa una estructura de casos, para la lectura de datos provenientes del módulo.

Figura I.4. Estructura para registro de datos en csv



En la Figura I.4 se observa los diferentes bloques de programación empleados para el registro de datos en un archivo "csv".

ANEXO II: IMPLEMENTACIÓN DE HMI

Figura II.1. Termopar tipo K estilo bayoneta



En la Figura II.1 se observa una termocupla tipo K, las cuales fueron instaladas en las diferentes zonas para la medición de temperatura dentro de horno de homogenizado.

Figura II.2. Funda térmica



En la Figura II.2 se observa la funda térmica que fue empleado para la protección del cable termopar tipo K o cable extensión ante la temperatura en las diferentes etapas de homogenizado.

Figura II.3. Preparación de testigo



En la Figura II.3 se puede observar la preparación del testigo, que principalmente consiste en cortar los billetes en dimensiones de 10 cm, para posteriormente realizar un orificio en la mitad, que será para la colocación del termopar tipo k estilo bayoneta.

Figura II.4. Soporte de testigo



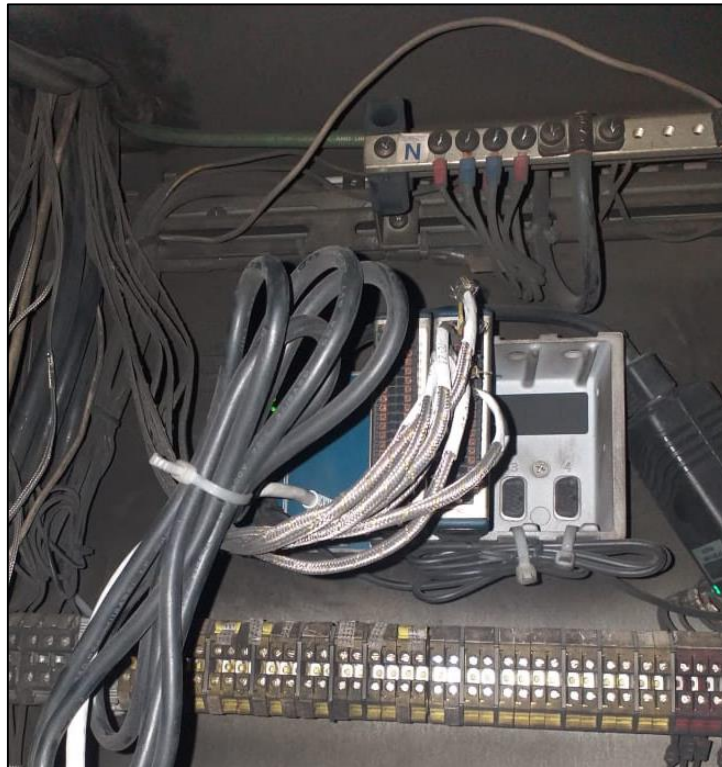
En la Figura II.4 se observa la fijación del soporte en el coche, que principalmente consiste en soldar la estructura para mantener fija los testigos, es decir para la ubicación de las termocuplas.

Figura II.5. Conexión del cable termopar o cable extensión



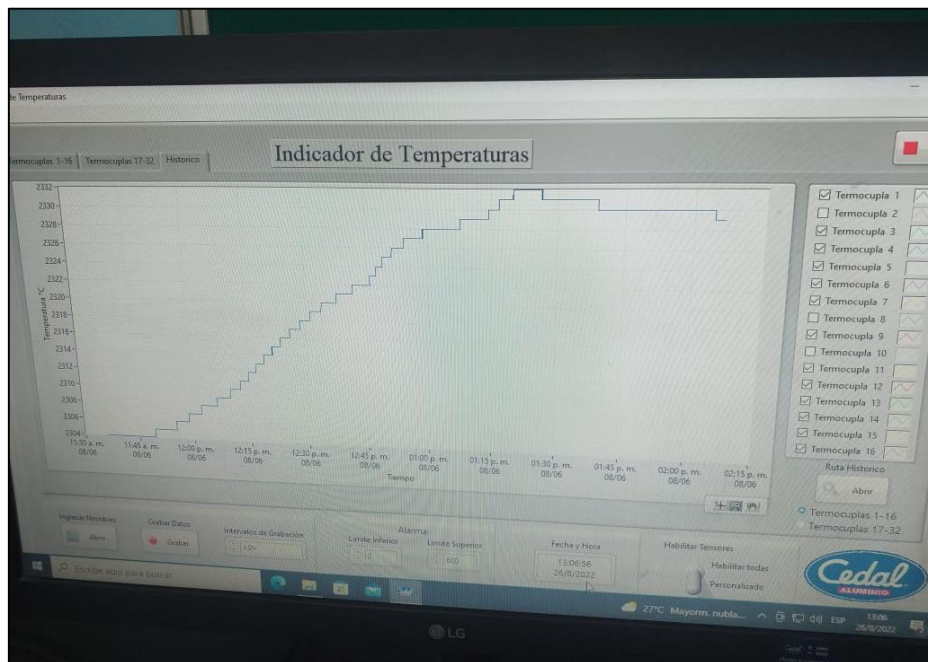
En la Figura II.5. Se observa la conexión del cable termopar, que está conectado desde la salida de las termocuplas hasta el tablero de distribución.

Figura II.6. Conexión del cable termopar hacia el módulo de adquisición de datos NI 9205.



En la Figura II.6 se observa las conexiones realizadas de las salidas de los sensores hacia el módulo NI 9205, este módulo está insertado al chasis cDAQ-9184, quien ayuda a procesar los datos hacia la PC, en donde se encuentra la interfaz gráfica.

Figura II.7. Ubicación del HMI (Interfaz Gráfica).



En la Figura II.7 se observa la Interfaz Gráfica, que está ubicado en el laboratorio de CEDAL, en donde se visualiza la curva característica de temperatura, para su correspondiente análisis.

ANEXO III: TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Figura III.1. Especificaciones del chasis cDAQ-9184

Conditions	
Specifications are valid at 25 °C unless otherwise noted.	
Analog Input	
Input FIFO size	127 samples per slot
Maximum sample rate ¹	Determined by the C Series module or modules
Timing accuracy ²	50 ppm of sample rate
Timing resolution ²	12.5 ns
Number of channels supported	Determined by the C Series module or modules

Analog Output	
Number of channels supported	
Hardware-timed task	
Onboard regeneration	16
Non-regeneration	Determined by the C Series module or modules
Non-hardware-timed task	
Determined by the C Series module or modules	
Maximum update rate	
Onboard regeneration	1.6 MS/s (multi-channel, aggregate)
Non-regeneration	Determined by the C Series module or modules
Timing accuracy	50 ppm of sample rate
Timing resolution	12.5 ns
Output FIFO size	
Onboard regeneration	8,191 samples shared among channels used
Non-regeneration	127 samples per slot
AO waveform modes	Non-periodic waveform, periodic waveform regeneration mode from onboard memory, periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update

Digital Waveform Characteristics	
Waveform acquisition (DI) FIFO	
Parallel modules	511 samples per slot
Serial modules	63 samples per slot
Waveform generation (DO) FIFO	
Parallel modules	2,047 samples per slot
Serial modules	63 samples per slot
Digital input sample clock frequency	
Streaming to application memory	System-dependent
Finite	0 MHz to 10 MHz

General-Purpose Counters/Timers	
Number of counters/timers	4
Resolution	32 bits
Counter measurements	Edge counting, pulse, semi-period, period, two-edge separation, pulse width
Position measurements	X1, X2, X4 quadrature encoding with Channel Z reloading; two-pulse encoding
Output applications	Pulse, pulse train with dynamic updates, frequency division, equivalent time sampling
Internal base clocks	80 MHz, 20 MHz, 100 kHz
External base clock frequency	0 MHz to 20 MHz
Base clock accuracy	50 ppm
Output frequency	0 MHz to 20 MHz
Inputs	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down
Routing options for inputs	Any module PFI, analog trigger, many internal signals
FIFO	Dedicated 127-sample FIFO

Frequency Generator	
Number of channels	1
Base clocks	20 MHz, 10 MHz, 100 kHz
Divisors	1 to 16 (integers)
Base clock accuracy	50 ppm
Output	Any module PFI terminal

Module PFI Characteristics	
Functionality	Static digital input, static digital output, timing input, and timing output
Timing output sources ³	Many analog input, analog output, counter, digital input, and digital output timing signals
Timing input frequency	0 MHz to 20 MHz
Timing output frequency	0 MHz to 20 MHz
Digital Triggers	
Source	Any module PFI terminal
Polarity	Software-selectable for most signals
Analog input function	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Analog output function	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Counter/timer function	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down

Module I/O States	
At power-on	Module-dependent. Refer to the documentation for each C Series module.
Network Interface	
Network protocols	TCP/IP, UDP
Network ports used	HTTP:80 (configuration only), TCP:3580; UDP:5353 (configuration only), TCP:5353 (configuration only); TCP:31415; UDP:7865 (configuration only), UDP:8473 (configuration only)
Network IP configuration	DHCP + Link-Local, DHCP, Static, Link-Local

Ethernet	
Network interface	1000 Base-TX, full-duplex; 1000 Base-TX, half-duplex; 100 Base-TX, full-duplex; 100 Base-TX, half-duplex; 10 Base-T, full-duplex; 10 Base-T, half-duplex
Communication rates	10/100/1000 Mbps, auto-negotiated
Maximum cabling distance	100 m/segment

Physical Characteristics	
Weight (unloaded)	Approximately 643 g (22.7 oz)
Dimensions (unloaded)	178.1 mm × 88.1 mm × 64.3 mm (7.01 in. × 3.47 in. × 2.53 in.) Refer to the following figure.
Screw-terminal wiring	
Gauge	0.5 mm ² to 2.1 mm ² (20 AWG to 14 AWG) copper conductor wire
Wire strip length	6 mm (0.24 in.) of insulation stripped from the end
Temperature rating	85 °C
Torque for screw terminals	0.20 N · m to 0.25 N · m (1.8 lb · in. to 2.2 lb · in.)
Wires per screw terminal	One wire per screw terminal
Connector securement	
Securement type	Screw flanges provided
Torque for screw flanges	0.20 N · m to 0.25 N · m (1.8 lb · in. to 2.2 lb · in.)

Figura III.2. Especificaciones del módulo NI 9205

Safety Voltages

Connect only voltages that are within the following limits:


Maximum voltage^[1]	
Channel-to-COM	±30 V DC

¹ The maximum voltage that can be applied or output between AI and COM without creating a safety hazard.

NI 9205 with Spring Terminal Isolation Voltages

Channel-to-channel	None
Channel-to-earth ground	
Continuous	250 V RMS, Measurement Category II
Withstand	
up to 2,000 m	3,000 V RMS, verified by a 5 s dielectric withstand test


Measurement Category II is for measurements performed on circuits directly connected to the electrical distribution system. This category refers to local-level electrical distribution, such as that provided by a standard wall outlet, for example, 115 V for U.S. or 230 V for Europe.


 **Caution** Do not connect the NI 9205 to signals or use for measurements within Measurement Categories III or IV.

NI 9205 with DSUB Isolation Voltages

Channel-to-channel	None
Channel-to-earth ground	
Continuous	60 V DC, Measurement Category I
Withstand	
up to 2,000 m	1,000 V RMS, verified by a 5 s dielectric withstand test
up to 5,000 m	500 V RMS

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as **MAINS** voltage. MAINS is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.

 **Caution** Do not connect the NI 9205 with DSUB to signals or use for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

 **Note** Measurement Categories CAT I and CAT O are equivalent. These test and measurement circuits are for other circuits not intended for direct connection to the MAINS building installations of Measurement Categories CAT II, CAT III, or CAT IV.

Preparing the Environment

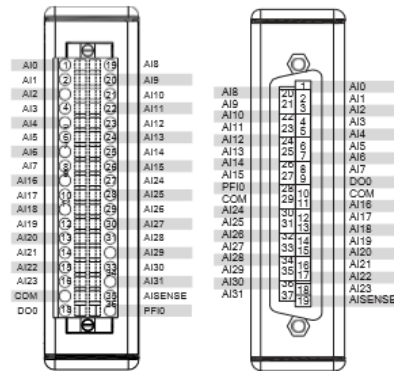
Ensure that the environment in which you are using the NI 9205 meets the following specifications.

Operating temperature (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2)	-40 °C to 70 °C
Operating humidity (IEC 60068-2-78)	10% RH to 90% RH, noncondensing
Pollution Degree	2
Maximum altitude	

Connecting the NI 9205

The NI 9205 provides connections for 32 single-ended channels or 16 differential channels.

Figure 1. NI 9205 Pinout



NI 9205 Signal Descriptions

Signal Name	Description
AI	Analog input channel
AISENSE	Reference for each AI channel for NRSE measurements
COM	Internally connected to the isolated ground reference
DO	Digital output channel ^[1]

Figura III.3. Especificaciones funda térmica

<p>CHARACTERISTICS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperature class : C • Continuous working temperature : from -60°C to +1050°C. Peaks at +1200°C • Fireproof • Highly flexible • Excellent resistance to radiation • Frays slightly when cut • Low heat expansion coefficient • Excellent thermal insulation properties • Low density • Good behaviour with soldering iron, no retraction • Very high chemical resistance, especially to acid <p>CHEMICAL COMPOSITION</p> <ul style="list-style-type: none"> • Silicon dioxide (SiO₂ 94-96%) • Asbestos free guaranteed 	<p>STANDARDS*</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compliant with RoHS directive • Compliant with Reach regulation • EN 60684-1 (10-2003) • EN 60684-2 (07-2012) <p>COLOURS AND PACKAGINGS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manufactured diameters : From 1 to 50 mm • Standard colour : White (natural) <p>Standard packaging :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diameter 1 to 8 mm : 100 m • Diameter 10 to 20 mm : 50 m • Diameter 25 to 50 mm : 25 m
---	---

Figura III.4. Especificaciones termopar tipo K.

Solid Probe Bayonet Style With Stainless Steel Armor Cable

- U High-Temperature Design
- U Wide Variety of Immersion Lengths, Styles and Mounting Arrangements Available
- U Fast Delivery on Standard Configurations
- U 304 SS Sheath, Solid 4.7 mm (3/16") Diameter Probe
- U Flexible 7.0 mm (0.275") Stainless Steel Cable [1.5 m (5') Standard]
- U Glass Braid Insulated 20 Gage Solid Thermocouple Lead Wire, Stranded Wire Available as Option
- U Grounded Junction

Bayonet Type Spring Loaded

Heavy Duty Extruder Probes Bayonet Type.

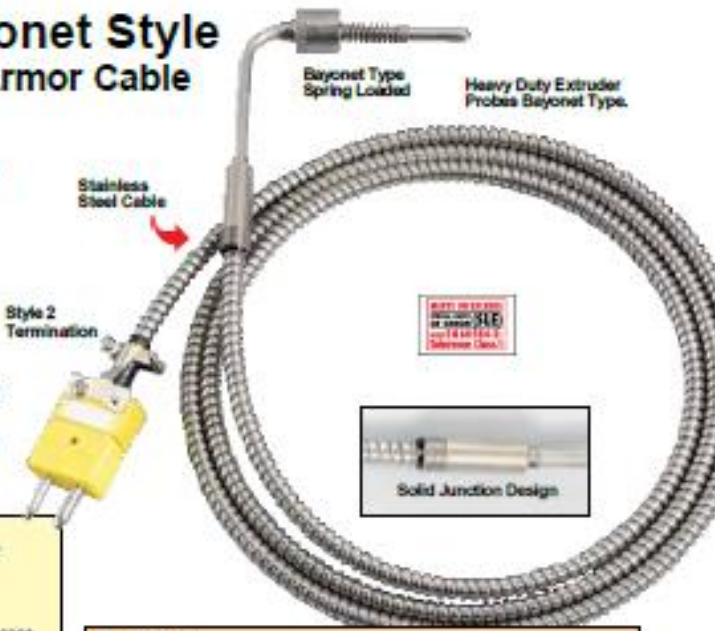
Stainless Steel Cable

Style 2 Termination

Pipe Clamp Adaptors for Bayonet-Type Thermocouples†

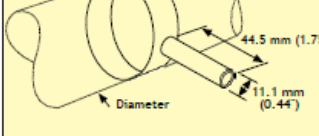
† Note: Choose

To Order



MUST BE USED WITH SILEX OR SIMOX (See Note 1 & 2 on Page 2 - Reference Check.)

Solid Junction Design



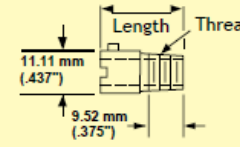
† Note: Choose "A" thermocouple dimension of 2¼" for all bayonet type thermocouples used with pipe clamp adaptors.

To measure temperature of pipes without drilling. Easily installed and removed.

Model Number	For Pipe Diameter (inch)	All Sizes Material is Stainless Steel
BTC-1	½ to ¾	
BTC-2	¾ to 1½	
BTC-3	1½ to 2¼	
BTC-4	2¼ to 3½	
BTC-5	3½ to 4¼	
BTC-6	4½ to 5¼	

Adaptors for Bayonet-Type Thermocouples

Like a compression fitting, does not seal

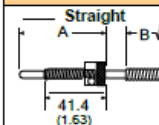
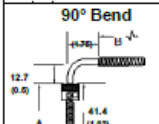
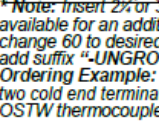


Model Number	Length (inch)	Thread Size
BTA-1	¾	½-27 NPT
BTA-2	¾	¾-24
BTA-3	1¾	½-27 NPT
BTA-4	1¾	¾-24
BTA-5	2½	½-27 NPT
BTA-6	2½	¾-24

Adaptor material is stainless steel.

Discount Schedule		
1-24 Units.....	Net	100-249 Units. 10%
25-99 Units.....	7%	250 and up. Consult Sales

To Order

Dimensions*	Type	Cold End Termination	Model Number
 <p>41.4 (1.63) A = 57.2 mm (2.25") or 89 mm (3.50") B = 1.5 m (60")</p>	J	1	BTH-000 -J-□-60-1
	J	2	BTH-000 -J-□-60-2
	K	1	BTH-000-K-□-60-1
	K	2	BTH-000-K-□-60-2
	I	1	BTH-000 -T-□-60-1
	T	2	BTH-000 -T-□-60-2
 <p>12.7 (0.5) 41.4 (1.63) A = 57.2 mm (2.25") or 89 mm (3.50") B = 1.5 m (60")</p>	J	1	BTH-090 -J-□-60-1
	J	2	BTH-090 -J-□-60-2
	K	1	BTH-090-K-□-60-1
	K	2	BTH-090-K-□-60-2
	T	1	BTH-090 -T-□-60-1
	T	2	BTH-090 -T-□-60-2
 <p>12.7 (0.5) 41.4 (1.63) A = 57.2 mm (2.25") or 89 mm (3.50") B = 1.5 m (60")</p>	E	1	BTH-000-E-□-60-1
	E	2	BTH-000-E-□-60-2
	J	1	BTH-090 -J-□-60-1
	J	2	BTH-090 -J-□-60-2
	K	1	BTH-090-K-□-60-1
	K	2	BTH-090-K-□-60-2

Note: Insert 2¼ or 3¼ Standard "A" Dimension in space (□). Longer lengths available for an additional cost per inch. "B" dimensions at 60". For longer lengths change 60 to desired length and for an additional cost per foot. For ungrounded, add suffix "-UNGROUND" to model number, for an additional cost. Ordering Example: BTH-000-J-2 1/4-60-2, straight solid probe bayonet, two cold end terminations, Type J, 2¼ A dimension, 60" armored cable and an OSTW thermocouple connector.

Hole Depth "C" mm (inch)**	Probe Length "A" mm (inch)		
	¾" Long Adaptor	1¾" Long Adaptor	2½" Long Adaptor
6 to 13 (¼ to ½)	41.3 (1½)	50 (2)	79 (3½)
13 to 25 (½ to 1)	50 (2)	64 (2½)	92 (3¾)
25 to 38 (1 to 1½)	64 (2½)	76 (3)	105 (4¼)
38 to 50 (1½ to 2)	76 (3)	89 (3½)	117 (4¾)
50 to 64 (2 to 2½)	89 (3½)	102 (4)	130 (5½)
64 to 76 (2½ to 3)	102 (4)	114 (4½)	143 (5¾)
76 to 89 (3 to 3½)	114 (4½)	127 (5)	156 (6½)
89 to 102 (3½ to 4)	127 (5)	140 (5½)	168 (6¾)
102 to 114 (4 to 4½)	140 (5½)	150 (6)	181 (7¼)
114 to 127 (4½ to 5)	150 (6)	165 (6½)	194 (7¾)

*** For deeper holes than those listed, add ¼ inch to probe dimension "A" for each ½ of hole depth dimension "C".
Note: Thermocouples supplied without adaptors.*

Drilling Selection Table for Spring Loaded Bayonet Type Thermocouples

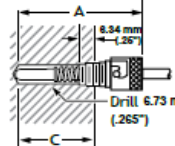


Figura III.5. Especificaciones cable Ethernet


Especificación técnica · Cables de red Ethernet	
Apantallamiento	360°
Temperatura conector	-25 °C ... 85 °C
Rango de temperatura fijo	-30 °C ... +70 °C
Rango de temperatura en movimiento	-5 °C ... +70 °C
Radio mínimo de flexión cableado de forma fija	6×D
Radio mínimo de flexión móvil	12×D
Construcción	
Cant. conductores/sección	(4×2×AWG26/7)
Cantidad conductores	8
Color del conductor	diversos
Aislamiento de conductor	TPE-O
Material de la cubierta	PVC
Color de la cubierta	verde RAL 6018
Datos generales	
Material de carcasa	PA
Color de carcasa	negro
Material de contacto	CuSn dorado
Peso	0,098 kg/uds.
U.E.	1 Unidades
Observación	CE Estos productos son conformes




**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ HMI MEDIANTE
LABVIEW PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA DE MASA EN
LOS BILLETS DE ALUMINIO EN LA ALEACIÓN 6063 EN LA EMPRESA
CEDAL S.A**

INDICADOR TEMPERATURA DE MASA Manual de Instalación y operación

Versión: 1.0.0

	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	--------------------------------------	------------------

1. Descripción.....	3
1.1 Requerimientos.....	3
2. Instalación.....	4
3. Ingreso	5
4. Configuración.....	6
5. Funciones.....	7
6. Información adicional.....	8


	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	--------------------------------------	------------------

Descripción

Este programa permite visualizar gráficamente variaciones de temperatura, cuenta con 16 indicadores de temperatura, el intervalo de grabación es ajustable, el usuario puede habilitar o deshabilitar los sensores a su conveniencia, los datos generados se guardan en una carpeta con el año, mes y fecha de creación.

Requerimientos

Requerimientos	
Dato	Valor
Sistema operativo	windows Linux y Mac
Procesador	Intel core i5- Intel core i7
Tamaño Almacenamiento	4 GB
Tamaño Almacenamiento	4 GB
Bits	64

	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	--------------------------------------	------------------

Instalación

Instalar el Archivo setup.exe ubicado en la siguiente ruta Cedal/builds/CEDAL_TEMPERATURE/Installer/Volume/install.

bin	24/8/2022 17:57	Carpeta de archivos	
license	24/8/2022 17:57	Carpeta de archivos	
supportfiles	24/8/2022 17:57	Carpeta de archivos	
install	6/1/2022 17:15	Aplicación	5.328 KB
install	24/8/2022 17:57	Opciones de confi...	18 KB
nidist.id	24/8/2022 17:57	Archivo ID	1 KB

Fig. 1 Instalador del programa de temperatura.

Se recomienda instalar el programa en el Escritorio, ver Fig. 1 y Fig. 2.

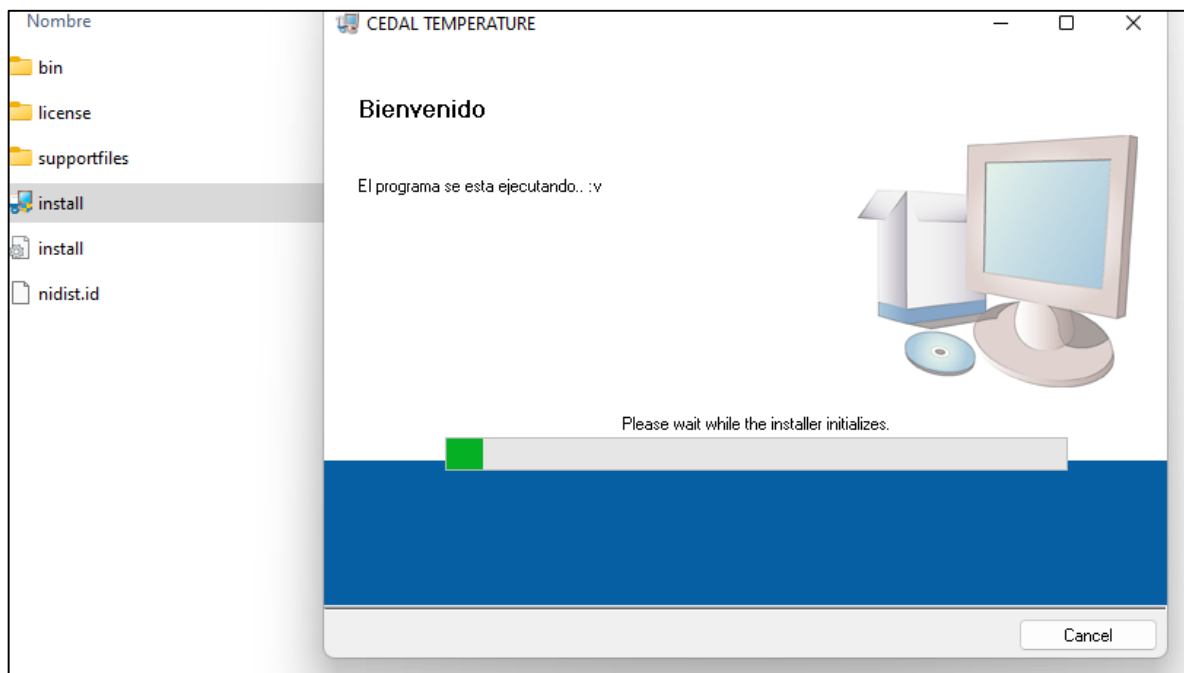



Fig. 2 Instalar el archivo CEDAL

Instalado el programa se cierra el instalador y nos dirigimos a la carpeta donde se instaló el programa. Abrir el archivo CEDAL para comenzar con la adquisición y visualización de temperatura, ver Fig. 3.

	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	--------------------------------------	------------------






 Registros	24/8/2022 18:02	Carpeta de archivos	
 CEDAL.aliases	24/8/2022 17:52	Archivo ALIASES	1 KB
 CEDAL	24/8/2022 17:52	Aplicación	1.325 KB
 CEDAL	24/8/2022 17:52	Opciones de confi...	1 KB

Fig. 3 Ubicación del archivo ejecutable

	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	-------------------------------	-----------


Ingreso

Una vez instalado el programa, se debe ingresar como administrador o como supervisor la contraseña por defecto para el administrador será “2468”, y para el supervisor “12345”. Como se muestra en la siguiente figura.

- Pantalla de inicio, aquí se muestra la descripción del programa.



Fig. 4 Pantalla de inicio

	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	--------------------------------------	------------------

- Pantalla numero 2 seleccione en la pestaña desplegable supervisor e ingresa la siguiente contraseña: 12345, ver Fig. 5.

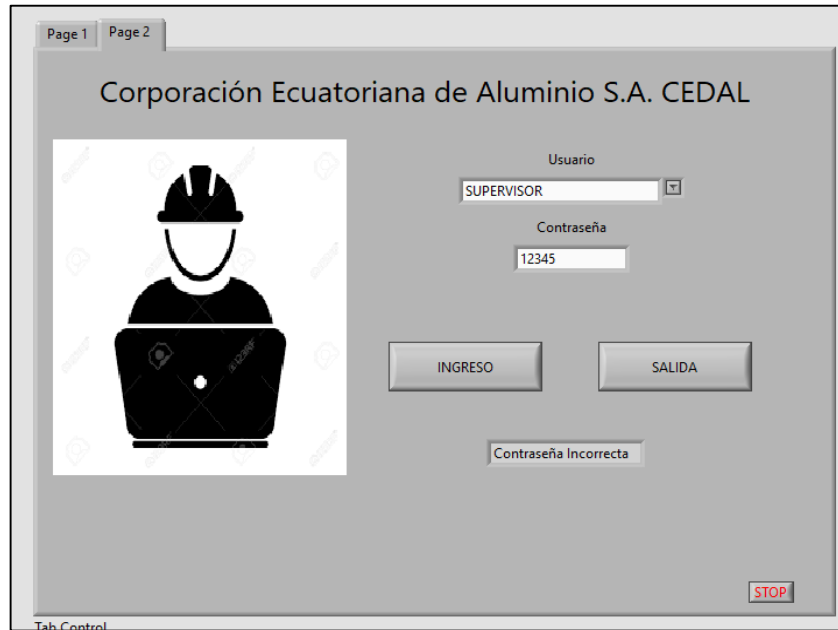
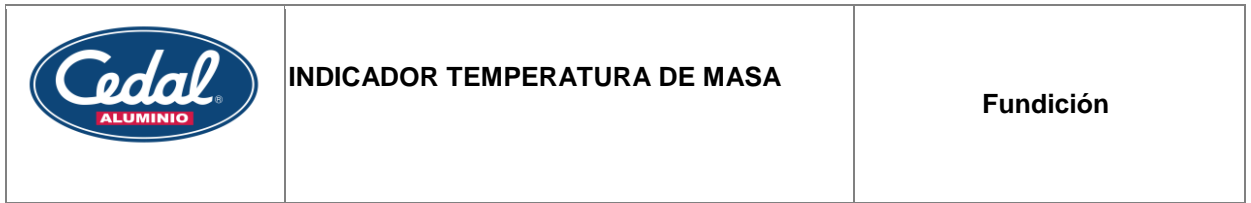


Fig. 5 Ingreso del supervisor

- Pantalla numero 2 seleccione en la pestaña desplegable Administrador e ingresa la siguiente contraseña: 2468, ver Fig. 6.



Fig. 6 Ingreso del administrador



Funciones

En el programa se encuentran 8 distintas funciones, ver Fig.7.

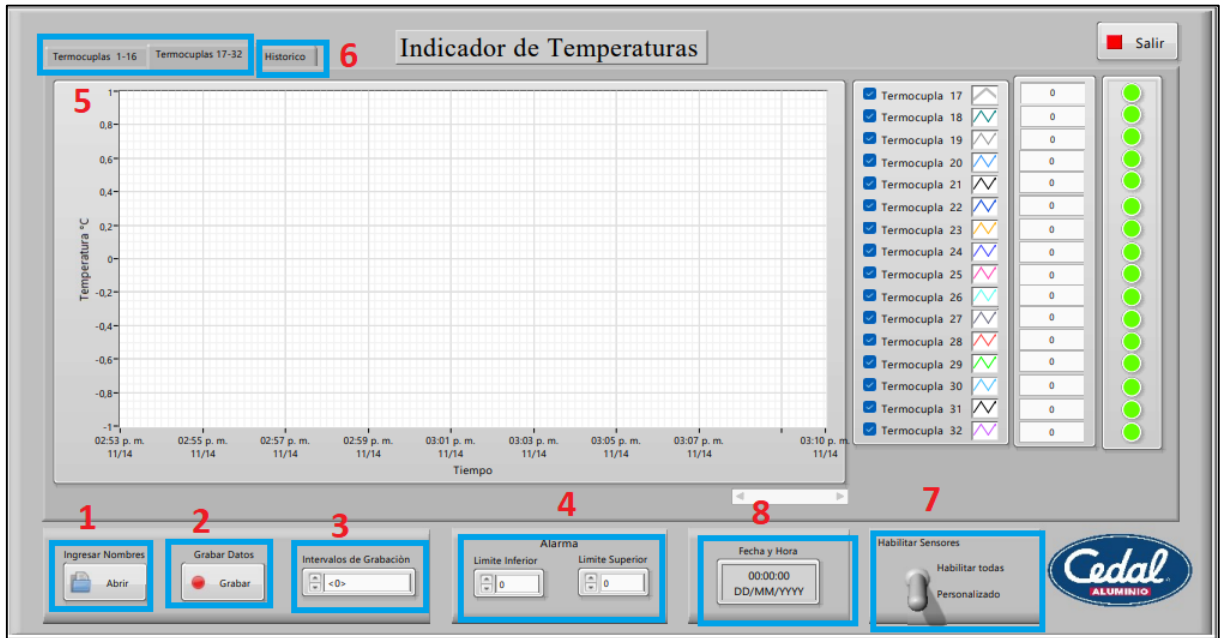




Fig. 7 Funciones dentro del programa

- Al accionar el botón  se desplegará una nueva ventana con las opciones para ingresar nuevos nombres a las termocuplas y un nombre del operario.

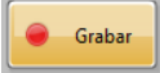
Sensor	Nombre
Termocupla 1	Puerta Principal
Termocupla 2	Horno 5
Termocupla 3	
Termocupla 4	
Termocupla 5	
Termocupla 6	
Termocupla 7	
Termocupla 8	
Termocupla 9	
Termocupla 10	
Termocupla 11	
Termocupla 12	
Termocupla 13	
Termocupla 14	
Termocupla 15	
Termocupla 16	
Termocupla 17	
Termocupla 18	
Termocupla 19	
Termocupla 20	
Termocupla 21	
Termocupla 22	
Termocupla 23	
Termocupla 24	
Termocupla 25	
Termocupla 26	
Termocupla 27	
Termocupla 28	
Termocupla 29	
Termocupla 30	
Termocupla 31	
Termocupla 32	

Ingrese los nombres de la ubicación o reconocimiento de la termocupla, al finalizar pulse "ENVIAR" para seguir adquiriendo datos
 Ingrese el nombre del operario
 Juan Perez
 ENVIAR

Fig. 8 Ingreso de nombres para las diferentes termocuplas.

	INDICADOR TEMPERATURA DE MASA	Fundición
---	--------------------------------------	------------------

2. Para comenzar a grabar los datos se debe seleccionar el botón “Grabar”, cuando el botón


se encuentra de color “amarillo”  indica que se están grabando datos en el archivo de registro.

3. Intervalos de tiempo de grabación de los datos

4. Alarma que indica cuando sobrepasa un umbral de temperatura

5. Pestañas para visualizar los datos de temperatura en tiempo real

6. Pestaña para visualizar un histórico de datos de cualquier fecha, para seleccionar el

archivo accionamos el botón 

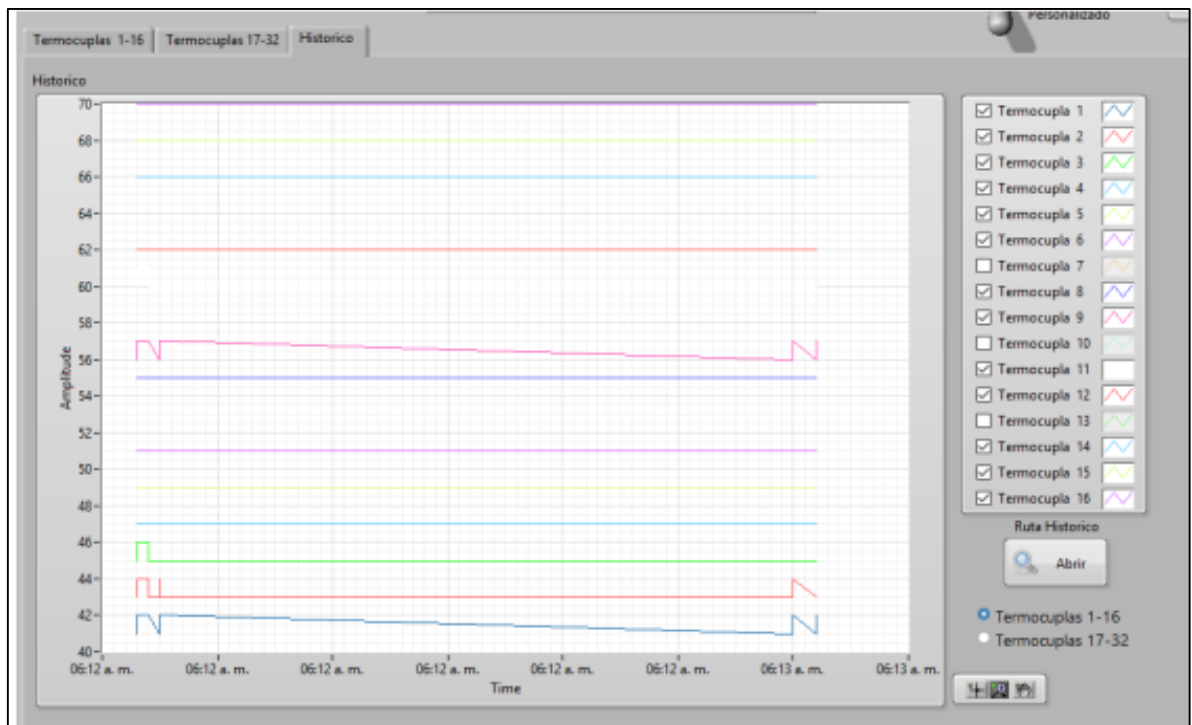


Fig. 9 Pestaña visualización del histórico

La ubicación del archivo .csv del registro de datos se guarda en la carpeta donde se instaló el programa, ver Fig. 9.

7. Botón que permite una selección personalizada para visualizar las señales de las temperaturas o la alternativa de visualizar las señales de los 32 sensores al mismo tiempo.

8. Panel donde se puede visualizar la fecha y hora en tiempo real.



INDICADOR TEMPERATURA DE MASA

Fundición

Información adicional

Se debe instalar adicionalmente el software NI Max. El cual establece la comunicación entre el computador y el modulo NI 9205, ver Fig. 10.

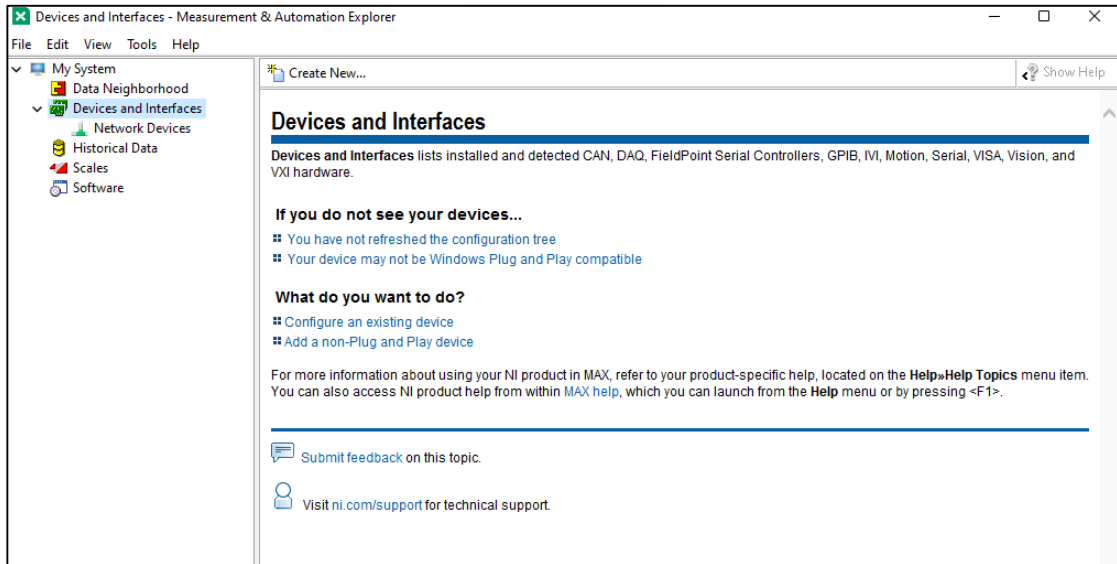


Fig. 10 Software NI Max

Se recomienda revisar todos los instrumentos, equipos y el cable de comunicación.

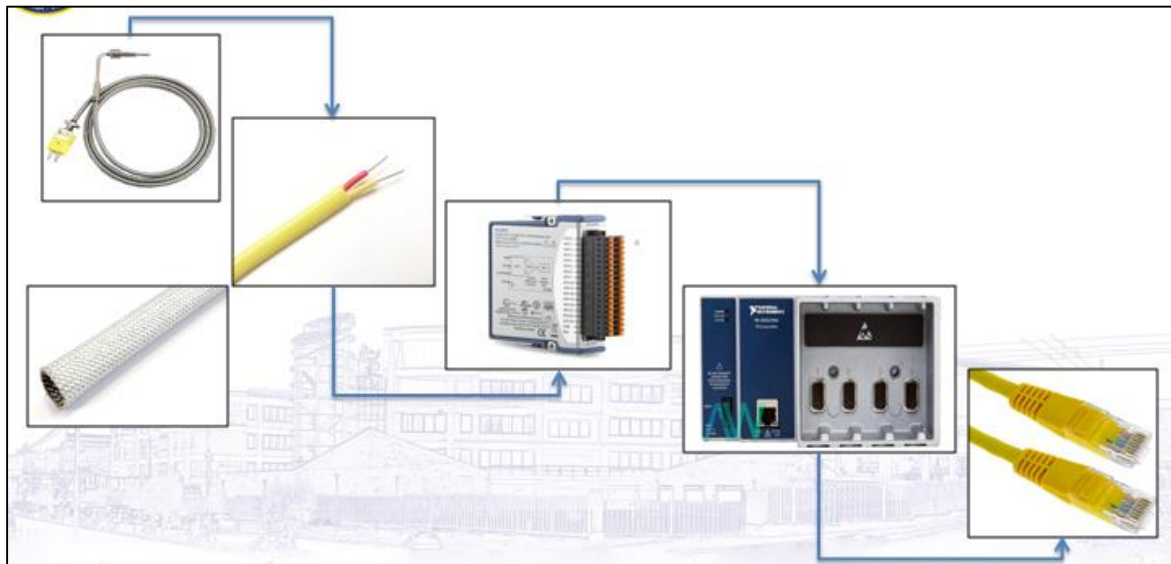


Fig. 11 conexión básica de los componentes para la medición de temperatura.