



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS: SISTEMA
DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE DATOS”**

AUTOR: ANDERSON ALEXIS MONTALVO PASPUEZAN

DIRECTOR: ING. WASHINGTON MOSQUERA

IBARRA – ECUADOR

2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040168506-0		
APELLIDOS Y NOMBRES:	MONTALVO PASPUEZAN ANDERSON ALEXIS		
DIRECCIÓN:	BARRIO EL OLIVO, IBARRA		
EMAIL:	aamontalvop@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	(06)223-6501	TELÉFONO MÓVIL:	0999973781

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Máquina universal de ensayos destructivos: sistema de control y supervisión de datos
AUTOR:	MONTALVO PASPUEZAN ANDERSON ALEXIS
FECHA:	26 de Julio de 2018
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR /DIRECTOR:	ING. WASHINGTON MOSQUERA

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 26 días del mes de Julio de 2018

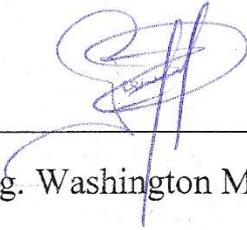


Anderson Alexis Montalvo Paspuezan

Cédula: 0401685060

CERTIFICACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de grado titulado “MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS: SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISIÓN DE DATOS”, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Anderson Alexis Montalvo Paspuezan, bajo mi supervisión.



Ing. Washington Mosquera

DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a mi madre María Paspuezan por ser el pilar fundamental e incondicional, por todo su apoyo en todo este trayecto que he tenido en mi vida, a mis hermanos: Erly, Viviana, Bladimir, a mis sobrinos: Sebastián, Johan, Daniel, Abigail, a mis cuñados: Jorge, Andrés por estar pendientes en esta realización, por sus palabras de aliento y brindándome momentos de alegría.

Anderson Montalvo Paspuezan

AGRADECIMIENTO

Mi mayor gratitud y agradecimiento a mi madre María Paspuezan por todos sus consejos, por sus enseñanzas, por la motivación que me brindo para que cada día sea mejor, a mis hermanos, a mis sobrinos, y demás familiares por siempre creer en mis capacidades y no abandonarme en los momentos más difíciles de mi vida.

También un agradecimiento especial a todos los docentes, compañeros que estuvieron presentes en este proceso de mi formación académica y colaboraron para culminar esta etapa de mi vida.

Anderson Montalvo Paspuezan

RESUMEN

La Universidad Técnica del Norte, dentro de su programa de innovación tecnológica, busca tener las mejores herramientas para el aprendizaje de los estudiantes en los diferentes laboratorios que posee. La implementación de una máquina universal de ensayos destructivos la cual sirve para comprobar la resistencia de un material a cierta fuerza aplicada ayuda a las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) a la realización de varios proyectos.

El presente trabajo está enfocado en diseñar y construir un sistema de control, juntamente con la supervisión de datos, por lo cual se instauró una interfaz para un sistema HMI, la cual sea capaz de indicar los cambios que tenga el material sometido a pruebas de ensayo con la representación gráfica del esfuerzo contra la deformación, con ayuda del software LabView.

La comunicación entre PLC con HMI facilita la obtención de datos en tiempo real, y mediante el software LabView, se interpreta y muestra en pantalla lo sucedido en todo el proceso del ensayo.

Los datos obtenidos en cada práctica se almacenan en una base de datos con un código único para próximos estudios, la interfaz es dinámica y permite acceder a información técnica de la Máquina Universal De Ensayos Destructivos.

SUMMARY

The North Technical University, inside his program of technological innovation, looks for to have the best tools for the learning of the students in the different laboratories that it has. The implement of a universal testing machine which serves to check the resistance of a material to some strength applied help to the different careers of the Faculty of Engineering in Sciences Applied (FICA) to the realization of several projects.

The present thesis is focused in designing and build a system of control, jointly with the supervision of data by which made an interface for an HMI system, which was able to indicate the changes that have the material subjected to proofs of essay with the graphic representation of the effort against the deformation, for this used the software LabView.

The communication between PLC with HMI will facilitate the obtaining of data in real time, and by means of the software LabView interpret and show in screen it succeeded in all the process of the essay.

It has system of control very dynamic, which sends signals to the PLC and east to the different components that find inside the board of control.

The data obtained in each practice store in a database, for next studies, the interface is dynamic and allows us access to information it universal testing machine. Besides, it is designed to make improvements in case of some modification in the board of control or programming of the PLC.

CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	
TÉCNICA DEL NORTE	ii
CONSTANCIAS	iii
CERTIFICACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
SUMMARY	viii
INTRODUCCIÓN	1
Definición del Problema.....	1
Objetivo General	2
Objetivos Específicos.....	2
Antecedentes.	2
Justificación.....	4
Alcance.....	4
CAPÍTULO I.....	6
1. Marco teórico	6
1.1. Ensayo de materiales.....	6
1.2. Objetivo de los ensayos.....	7
1.3. Máquina universal de ensayos.....	7
1.4. Tipos de ensayos	8
1.4.1. Ensayo de tracción.	9
1.4.2. Ensayo de compresión.....	10
1.4.3. Ensayo de flexión.....	11
1.5. Probetas	11
1.5.1. Probetas en ensayos a tracción	12
1.5.2. Probetas en ensayos a compresión	13
1.5.3. Probetas en ensayos a flexión.....	15

1.6.	Sistemas HMI.....	16
1.6.1.	HMI – PLC.....	16
1.6.2.	Control básico del sistema.....	17
1.7.	Software LabView.....	19
1.8.	Base de Datos	21
CAPÍTULO II		22
2.	Metodología	22
2.1.	Descripción del sistema.....	22
2.1.1.	Sistema de lazo abierto.....	22
2.2.	Diagrama de flujo.....	23
2.3.	Descripción del diagrama de flujo	23
2.3.1.	Preparación del ensayo.....	23
2.3.2.	Diagrama de flujo del HMI	24
2.4.	Selección de la PC.....	25
2.5.	Diseño del HMI.....	26
2.5.1.	Menú principal	26
2.5.2.	Folletos para el uso de la máquina.	27
2.5.3.	Realizar un ensayo.	28
2.5.3.1.	Ensayo a tracción	29
2.5.3.2.	Ensayo a compresión.....	31
2.5.3.3.	Ensayo a flexión	32
2.5.4.	Control de la bomba y el motor eléctrico	36
2.5.4.1.	Activación de la bomba hidráulica y motor eléctrico.....	36
2.5.4.2.	Posición de la bomba hidráulica y motor eléctrico	37
2.5.5.	Indicadores	38
2.6.	Esquemas de programación.....	39
2.6.1.	Selección de tipo de ensayo y tipo de probeta.....	39
2.6.2.	Cálculo de las dimensiones de las probetas.....	40
2.6.3.	Diagrama Esfuerzo – Deformación.....	40

2.6.4.	Diagrama para almacenamiento de datos.....	41
2.6.5.	Control de ingreso de datos.....	42
2.6.6.	Reporte de ensayo.....	43
2.6.7.	Inicialización de datos en cero.....	43
2.6.8.	Esquema para la generación del código del ensayo.....	44
2.7.	Base de datos del tipo de material.....	46
2.8.	Comunicación PLC – LabView.....	46
2.8.1.	Variables de entrada y salida.....	47
CAPÍTULO III.....		48
3.	Resultados.....	48
3.1.	Ensayo a tracción.....	49
3.2.	Ensayo a compresión.....	51
3.3.	Ensayo a flexión.....	54
3.4.	Comunicación del PLC con LabView.....	57
CAPÍTULO IV.....		58
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
4.1.	Conclusiones.....	58
4.2.	Recomendaciones.....	59
Bibliografía.....		60
ANEXOS.....		62
ANEXO 1: Manual para realizar un ensayo.....		62
ANEXO 2: Manual para acceder a la información de la máquina.....		66
ANEXO 3: Creación de la base de datos.....		67
ANEXO 4: Base de datos para tipo de material.....		72
ANEXO 5: Creación del archivo .exe para la ejecución del programa.....		77
ANEXO 6: Creación del VI “SALTO”.....		80
ANEXO 7-A: Informe elaborado por el LABORATORIO IGR.....		81
ANEXO 7-B: Informe realizado por los laboratorios de la Universidad Católica del Ecuador.		82

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Máquina para ensayos de compresión de concreto.....	8
Figura 2: Tracción de materiales.....	9
Figura 3: Rotura de materiales.....	9
Figura 4: Compresión de materiales.....	10
Figura 5: Flexión de materiales.....	11
Figura 6: Probetas mecanizadas.....	12
Figura 7: Probeta laminar con detalle ASTM, donde las medidas están dadas en pulgadas y en paréntesis en milímetros.....	12
Figura 8: Probeta circular con detalle ASTM, donde las medidas están dadas en pulgadas y en paréntesis en milímetros.....	13
Figura 9: Probetas de hormigón.....	13
Figura 10: Probetas de materiales metálicos no similares (ASTM E9).....	14
Figura 11: Método de ensayo a compresión perpendicular a la fibra de la madera (ASTM D143)	15
Figura 12: Método de ensayo a flexión de una varilla (circular) basada en la norma ASTM A370	16
Figura 13: Sistema HMI – PLC.....	18
Figura 14: Representación del diagrama de bloques y el panel frontal de LabView.....	19
Figura 15: Representación del lenguaje C para programación.....	20
Figura 16: Sistema de lazo abierto máquina.....	22
Figura 17: Diagrama de flujo de la máquina universal de ensayos.....	24
Figura 18: Diagrama de flujo interfaz gráfica.....	25
Figura 19: Menú principal.....	26
Figura 20: Panel frontal para la elección de manuales.....	27
Figura 21: Ingreso de datos iniciales.....	28
Figura 22: Representación de la probeta circular.....	29
Figura 23: Representación de la probeta rectangular.....	29
Figura 24: Visualización de los datos obtenidos en el ensayo.....	31
Figura 25: Representación de la probeta tubular.....	32
Figura 26: Representación de la probeta rectangular hueca.....	34
Figura 27: Representación del botón para el encendido y apagado de la bomba y el motor (HMI)	36
Figura 28: Representación de los botones para el encendido y apagado de la Bomba y el motor (TABLERO).....	36

Figura 29: Representación de los botones para controlar la posición de la bomba y motor (Tablero).....	37
Figura 30: Representación de los botones para controlar la posición de la bomba y el motor (HMI)	37
Figura 31: Representación de la pantalla para la simulación de ensayos	38
Figura 32: Control del tipo de ensayo y tipo de probeta	39
Figura 33: Estructura de casos para la selección de ensayo y tipo de probeta	39
Figura 34: Diagrama de cálculo para una probeta rectangular hueca	40
Figura 35: Diagrama para la relación Esfuerzo – Deformación.....	40
Figura 36: Diagrama para el almacenamiento de los datos	41
Figura 37: Base de datos	41
Figura 38: Control de ingreso de datos (I)	42
Figura 39: Control de ingreso de datos (II)	42
Figura 40: Diagrama para el reporte de ensayo.....	43
Figura 41: Inicialización en cero.....	44
Figura 42: Esquema de la generación del código de cada ensayo.....	44
Figura 43: Esquema para la ubicación de los archivos de lectura.....	45
Figura 44: Esquema para la dirección de los VI requeridos.....	45
Figura 45: Base de datos de los materiales.....	46
Figura 46: Ingreso de datos del nuevo material	46
Figura 47: Señal de la Carga y la Deformación con potenciómetros	48
Figura 48: Simulación de ensayo a tracción de una probeta circular	49
Figura 49: Valores obtenidos de la simulación de un ensayo a tracción.....	49
Figura 50: Gráfica obtenida de la simulación de un ensayo a tracción	50
Figura 51: Resultados guardados en la base de datos	50
Figura 52: Informe del ensayo simulado.....	51
Figura 53: Simulación de un ensayo a compresión de una probeta rectangular	51
Figura 54: Valores obtenidos de una simulación de un ensayo a compresión	52
Figura 55: Gráfica obtenida de la simulación de un ensayo a compresión	52
Figura 56: Resultados guardados en la base de datos	53
Figura 57: Informe del ensayo simulado.....	54
Figura 58: Simulación de un ensayo a flexión con una probeta tubular	54
Figura 59: Valores obtenidos de la simulación de un ensayo a flexión	55
Figura 60: Gráfica obtenida de la simulación de un ensayo a flexión.....	55
Figura 61: Resultados guardados en la base de datos	56
Figura 62: Informe de la simulación	56
Figura 63: Comunicación activa entre PLC y LabView	57

Figura 64: Ubicación del ejecutable del programa en el escritorio del ordenador	62
Figura 65: Representación del menú principal.....	62
Figura 66: Representación al momento de cargar los datos	63
Figura 67: Representación para agregar datos de un nuevo material.....	63
Figura 68: Representación del HMI para un ensayo a flexión de una probeta tubular.	64
Figura 69: Representación de la indicación para poder iniciar un ensayo	65
Figura 70: representación del menú principal	66
Figura 71: representación para acceder a información de la máquina.	66
Figura 72: representación para crear la base de datos.	67
Figura 73: representación para el formato de la base de datos.....	67
Figura 74: creación de archivo para vincular a la base de datos.	68
Figura 75: representación de los proveedores para los vínculos con la base de datos.	69
Figura 76: conexión con la base de datos Access.	69
Figura 77: confirmación de la conexión con la base de datos.....	70
Figura 78: creación archivo .udl.....	70
Figura 79: Ubicación del archivo de la base de datos para los tipos de materiales.....	72
Figura 80: Base de datos (tipos de material)	73
Figura 81: Ubicación del archivo INICIO.vi.....	73
Figura 82: Selección de items	74
Figura 83: Creación de nuevos items	75
Figura 84: Selección de caso y repetición de código	75
Figura 85: Nueva lectura del material	76
Figura 86: Ubicación del proyecto general	77
Figura 87: Configuración del ejecutable	77
Figura 88:Selección del VI principal y VIs secundarios	78
Figura 89: Ubicación del ejecutable creado	79
Figura 90: Panel frontal del VI SALTO.....	80
Figura 91: Diagrama de bloques del VI SALTO	80

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Área de una circunferencia.....	29
Ecuación 2: Área de una rectángulo.....	30
Ecuación 3: Esfuerzo.....	30
Ecuación 4: Deformación unitaria.....	30
Ecuación 5: Módulo de elasticidad	30
Ecuación 6: Área de una probeta tubular	32
Ecuación 7: Punto de inercia.....	33
Ecuación 8: Eje neutro	33
Ecuación 9: Punto de inercia.....	33
Ecuación 10: Eje neutro	33
Ecuación 11: Punto de inercia.....	33
Ecuación 12: Eje neutro	34
Ecuación 13: Punto de inercia.....	34
Ecuación 14: Eje neutro	34
Ecuación 15: Momento flector.....	35
Ecuación 16: Esfuerzo.....	35
Ecuación 17: Módulo de elasticidad	35
Ecuación 18: Cálculo de la carga aplicada en kgf.....	48
Ecuación 19: Cálculo de la deformación en mm.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de LabView y la PC	26
---	----

INTRODUCCIÓN

Definición del Problema

En la zona Norte de país no se cuenta con un laboratorio de prueba a la resistencia de materiales que sirva para dar soporte a los experimentos realizados en diferentes tipos de ensayos, y en todas las áreas de ingeniería, debido a los excesivos costos que este presenta.

En la actualidad la Universidad Técnica del Norte requiere la adquisición de una herramienta de trabajo que realice este tipo de pruebas que permitirá el desarrollo de ensayos destructivos, además de existir la necesidad de contar con una herramienta que permita fortalecer los conocimientos en el área de la mecánica de materiales para sus proyectos de investigación

En la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas se han propuesto diversas pruebas de ensayo de materiales para trabajos de tesis o investigaciones, para las mismas es necesario contar con un laboratorio de pruebas y ensayos de materiales y así poder cubrir las necesidades de la zona norte del país, las pruebas o ensayos se ha ejecutado fuera de la institución generando altos costos a las actividades elaboradas. Por tal razón existe la necesidad de construir una máquina que permita realizar los ensayos necesarios y brindar servicio para el desarrollo de distintos estudios, para lo cual se presentó la necesidad de repotenciar una máquina de ensayos con la que contaba la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, a la cual se realizó los estudios necesarios, sin embargo, la máquina no cumplió con los requerimientos necesarios para su restauración.

Este proyecto pretende que los datos simulados sean visualizados en tiempo real y a su vez sean almacenados para posteriores estudios. Además, el control directo desde una interfaz a los elementos de la Máquina Universal de Ensayos Destructivos, esto se obtendrá de la automatización industrial con el uso de un PLC y la instrumentación necesaria para controlar todos los elementos en la tesis denominada “MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL”.

Objetivo General

Implementar un sistema HMI a la Máquina Universal de Ensayos de tracción, compresión, flexión.

Objetivos Específicos

Seleccionar un sistema de comunicación HMI óptimo para la máquina universal de ensayos.

Diseñar un programa el cual muestre las señales simuladas obtenidas del PLC en un panel visual.

Proveer protocolos y drivers para el sistema HMI.

Implementar la comunicación PLC con HMI para la simulación de obtención de datos y control de elementos de la máquina.

Realizar una administración de datos y generación de reportes de ensayos.

Antecedentes.

Los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, dentro de su programa de innovación tecnológica, busca

tener las mejores herramientas para el aprendizaje de los estudiantes en los diferentes laboratorios que posee, el implemento de una máquina universal de ensayos destructivos para la realización de pruebas o ensayos a materiales, lleva a realizar la misma, con esto se podrá mejorar la parte académica de varias materias las cuales tienen como fin el estudio de los materiales.

Dentro del Ecuador algunas universidades con altos recursos económicos optan por la compra de esta máquina, en cambio otras universidades realizan proyectos para la construcción de la misma.

Se puede encontrar varios software para la visualización de los datos obtenidos en diferentes prácticas, tal es el caso de la tesis “Diseño e implementación de un sistema electrónico – informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal” (Colcha & Villa, 2010) la cual utiliza el software LabView para seleccionar el tipo de ensayo que se va a realizar con el tipo de probeta y la visualización de los datos obtenidos, estos datos los obtienen mediante el uso de una tarjeta DAQ USB 6211.

En la tesis denominada “Reparación y automatización de una máquina universal de ensayos” (Torres & Redondo, 2008) usa el software LabView, para la visualización de la gráfica en tiempo real, almacenamiento de datos en un archivo de Excel e imprimir el resultado del ensayo, usan una tarjeta de adquisición de datos para la comunicación.

La mayoría de las máquinas usan tarjetas de adquisición de datos, para la visualización de resultados y control de varios componentes, en nuestro caso, se usa una comunicación 232 entre PLC y PC, y mediante el software LabView, visualizar el proceso en tiempo real, almacenamiento de datos en ACCESS, e impresión de un informe al término del ensayo respectivo.

Justificación

En nuestra universidad y en la zona norte del país existe gran demanda en la implementación de herramientas de trabajo para obtener la validación de pruebas para distintos materiales, realizar ensayos de resistencia de metales y no metales obteniendo los análisis y resultados necesarios para dar solución a diversos problemas.

La presente investigación se enfocará en el control y automatización de la máquina universal de ensayos, tales como compresión, flexión, tracción, basados en las normas ASTM.

Un sistema automatizado permitirá una mejor coordinación de los componentes acogiendo las diferentes señales de cada elemento dando paso a la siguiente secuencia del programa, además de ser un medio seguro para el funcionamiento de cualquier máquina y seguridad para los operadores.

Para la seguridad de la máquina y del operador La norma UNE-EN ISO 12100 consiste en una guía aplicable durante el proceso de fabricación de una máquina, instaurando procedimientos específicos orientados a la seguridad en el diseño de las máquinas, así como sentando las bases en cuanto a terminología, principios de evaluación y reducción del riesgo (ISO, 2014).

Alcance

La automatización de la maquina se la realizará mediante el uso de un PLC, el cual será receptor y emisor de las señales del HMI realizado en el software LabView para poder visualizar todo el proceso con su respectiva gráfica. Dentro del programa y con la ayuda de las señales enviadas del PLC se podrá seleccionar los diferentes tipos de ensayos, ya sean compresión, tracción y flexión. Al iniciar la simulación del ensayo, el

PLC ejecutará automáticamente el respectivo proceso al tipo de ensayo seleccionado. El HMI cuenta con accesos a información de la máquina, visualización de resultados de cada simulación, almacenamiento de datos, con una interfaz de fácil manipulación para el usuario y seguridad de este.

CAPÍTULO I

1. Marco teórico

En el desarrollo de este capítulo se explicará lo referente a los ensayos a tracción, compresión o flexión de algunos materiales o aleaciones de estos, el objetivo de estos, definición de los tipos de ensayos que se realizan y a qué materiales o elementos se pueden realizar este tipo de ensayos.

También se hace referencia al software usado para el diseño del HMI y comunicación con el PLC Xinje.

1.1. Ensayo de materiales.

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material o aleaciones.

Para la realización de ensayos a compresión, tracción o flexión se cuenta con normas ASTM para los procesos de seguridad que se deben tener en cuenta, como para el tipo de material que se va a usar.

Estas normas se basan tanto en el tipo de ensayo como el material de la probeta, tal caso que para el tipo de ensayo a flexión utilizando materiales metálicos se usa la Norma ASTM E290.

Para varillas de refuerzo se usan las Normas: ASTM A370, ASTM A615, ASTM A996 para cualquier tipo de ensayo. Y para materiales plásticos de igual manera para cualquier tipo de ensayo se maneja la Norma ASTM D695.

Pero hay una norma que generaliza todas las normas y es la Norma ASTM E23 juntamente con la Norma ASTM E-384.

ASTM E23 no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso. La ASTM E-384 especifica las unidades de la fuerza y la longitud en el Sistema Internacional de Unidades (SI), es decir, la fuerza en Newtons (N) y la longitud en milímetros o μm . Sin embargo, debido al precedente histórico y el uso común permanente, los valores vigentes en gf, kgf y unidades se proporcionan para la información y gran parte del debate en esta norma, así como el método de comunicación de los resultados de la prueba se refiere a estas unidades. (Urrutia, Bustillo, & Salinas, 2010).

1.2. Objetivo de los ensayos

Los ensayos tienen como fin: determinar si las propiedades del material (metálico o no metálico) o aleaciones de estos, tienen la resistencia, ductilidad, tenacidad, entre otras. Así como, leyes de comportamiento del material bajo distintas situaciones para el diseño al cual están destinados, controlando la calidad y verificación del cumplimiento a las especificaciones técnicas requeridas para el uso del material.

Para cada ensayo se aplica fuerzas axiales o verticales a la muestra (probetas) de la estructura o maquinaria que se vaya a desarrollar y con ello controlar si el material a utilizar es el adecuado, caso contrario, emplear un nuevo material o ligar un nuevo al material estudiado para la aplicación necesitada.

1.3. Máquina universal de ensayos

Una máquina universal de ensayos, también conocida como probador universal, se utiliza para probar la tensión de tracción y la resistencia a la compresión o flexión de

los materiales. Esta máquina es semejante a una prensa (*Figura 1*), y con los ensayos mencionados medir las propiedades de los materiales.



Figura 1: Máquina para ensayos de compresión de concreto.

Fuente: (EASTGROUP, 2016)

La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o sistema hidráulico.

La máquina de ensayos universales tiene como función comprobar la resistencia de diversos tipos de materiales. Para esto posee un sistema que aplica cargas controladas sobre una probeta (modelo de dimensiones preestablecidas) y mide en forma de gráfica la deformación, y la carga al momento de su ruptura (Alberto Pinto, 2015).

1.4. Tipos de ensayos

La palabra ensayos significa que son pruebas, en el ámbito de laboratorio, para llegar a unas conclusiones. Se usan probetas a escala, que conservan las propiedades completas del material que deseamos probar. (Oscampo, 2011).

Entre los tipos de ensayo se encuentran los siguientes:

1.4.1. Ensayo de tracción.

Los conceptos fundamentales de esfuerzo y deformación pueden ejemplificarse si se considera una barra prismática cargada con fuerzas axiales opuestas (P) en los extremos como se muestra en la *Figura 2*. (Gere & Timoshenko, 1984)

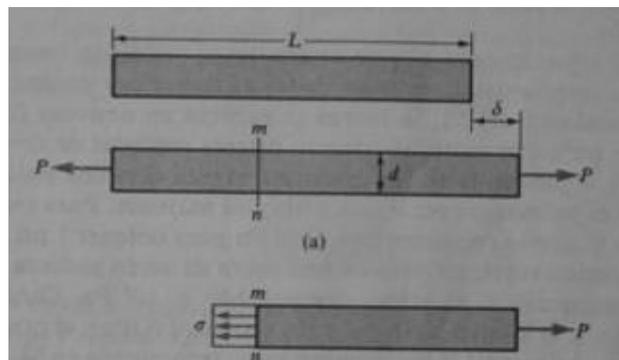


Figura 2: Tracción de materiales

Fuente: (Gere & Timoshenko, 1984)

Algunos materiales resisten estas cargas y no producen fallo alguno, sin embargo, hay materiales que no resisten las cargas a las que se ha sometido y produce un fallo empezando por una deformación hasta llegar a romperse.

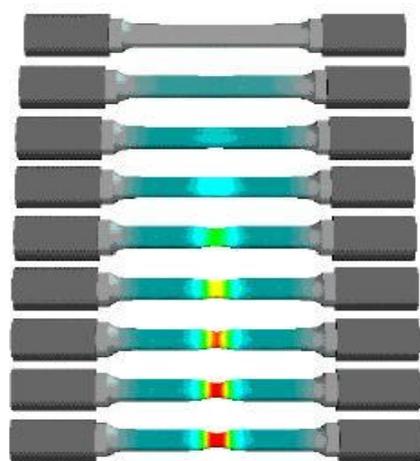


Figura 3: Rotura de materiales

Fuente: (Mariano, 2011)

El ensayo a torsión o tracción, se le someten cargas axiales para estirar el material a estudio provocando una elongación en dicho material teniendo variaciones en la probeta usada (*Figura 3*).

La norma ASTM E 8M – 04, define los parámetros para la realización de ensayos a tracción (Valencia & Sepulveda, 2012).

1.4.2. Ensayo de compresión

Es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiene una reducción de volumen del cuerpo, o aun acortamiento del cuerpo en determinada dirección.

Los ensayos practicados para medir el esfuerzo de compresión son contrarios a los aplicados al de tracción, con respecto al sentido de la fuerza aplicada (*Figura 4*). (Castillo, 2013)

Tiene varias limitaciones:

- Dificultad de aplicar una carga concéntrica o axial, sin que aparezca pandeo.
- Una probeta de sección circular es preferible a otras formas.

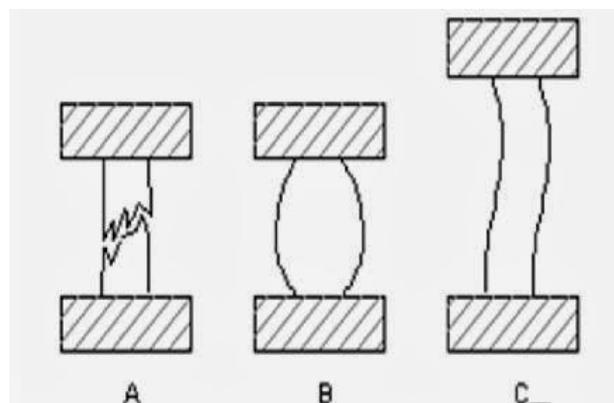


Figura 4: Compresión de materiales

Fuente: (Castillo, 2013)

Este tipo de ensayo se realiza en materiales: duros, semiduros, blandos.

1.4.3. Ensayo de flexión

Es el tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector (*Figura 5*). (Castillo, 2013)

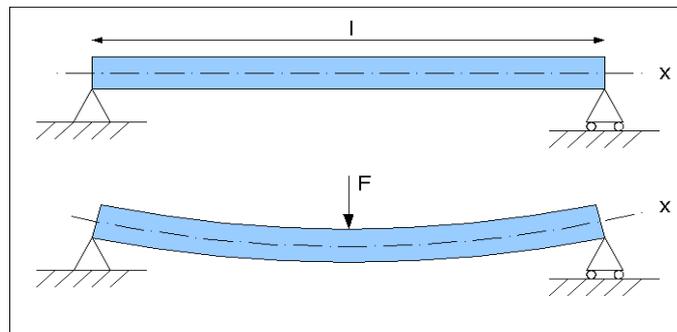


Figura 5: Flexión de materiales

Fuente: (Castillo, 2013)

Los fallos por flexión aparecen de diferentes formas dependiendo del material, por lo general suelen romper por la parte que más esfuerzo está soportando y casi siempre suele ser en la parte inferior de la zona media. El material puede romperse o doblarse completamente.

1.5. Probetas

Una probeta es una pieza, constituida por un determinado material cuyas características se desean estudiar. La probeta puede ser una pieza, un modelo a escala de una pieza o un trozo del material mecanizado, observe *Figura 6*.



Figura 6: Probetas mecanizadas

Fuente: (Ibertest, 2015)

Cabe remarcar que según el ensayo que se desea realizar se utilizan distintos tipos de probetas (neetescuela, 2013). Estos son los siguientes:

1.5.1. Probetas en ensayos a tracción

Generalmente son de forma cilíndrica o laminar (rectangular) y poseen extremos ensanchados para poder sujetarlos correctamente a las mordazas de la máquina.

Para la probeta de sección laminar se tiene la norma ASTM E338 – 03 (Figura 7), esta norma se aplica comúnmente para el control de materiales de alta resistencia mecánica.

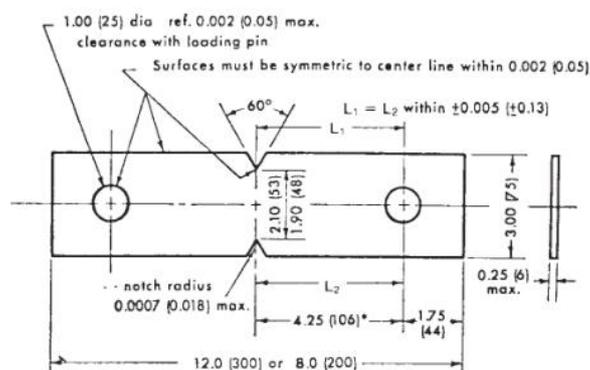


Figura 7: Probeta laminar con detalle ASTM, donde las medidas están dadas en pulgadas y en paréntesis en milímetros

Fuente: (Valencia & Sepulveda, 2012)

Para la probeta de sección circular se tiene varias normas, una de ellas la norma ASTM E602 – 03, esta norma se puede aplicar en el mismo caso que la probeta de sección laminar.

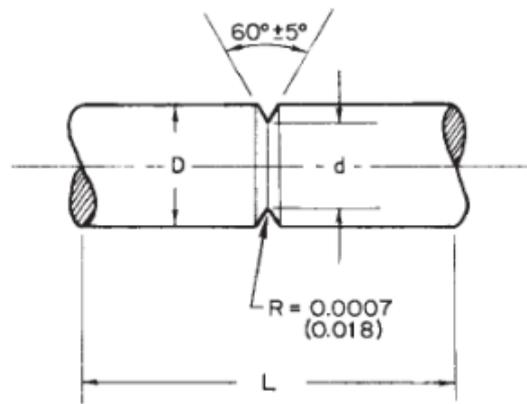


Figura 8: Probeta circular con detalle ASTM, donde las medidas están dadas en pulgadas y en paréntesis en milímetros

Fuente: (Valencia & Sepulveda, 2012)

1.5.2. Probetas en ensayos a compresión

En este tipo de ensayo se maneja tres tipos de probetas las cuales tienen forma: laminar (rectangular), circular, tubular. El ensayo más común de compresión es el que se hace al hormigón en forma circular o laminar y en cuanto a la madera el uso más común es la forma laminar.

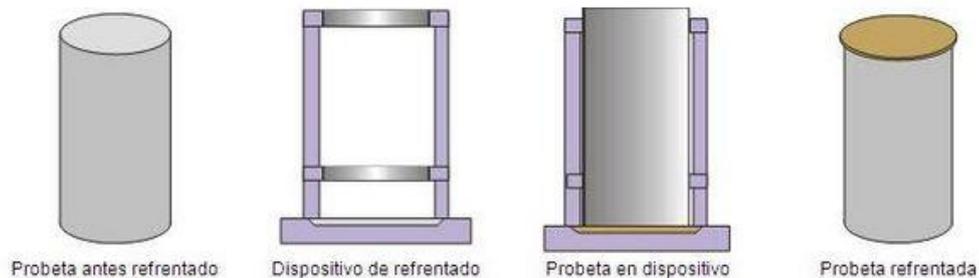


Figura 9: Probetas de hormigón

Fuente: (neetescuola, 2013)

Para las probetas de materiales metálicos recomendados por la ASTM se muestra en

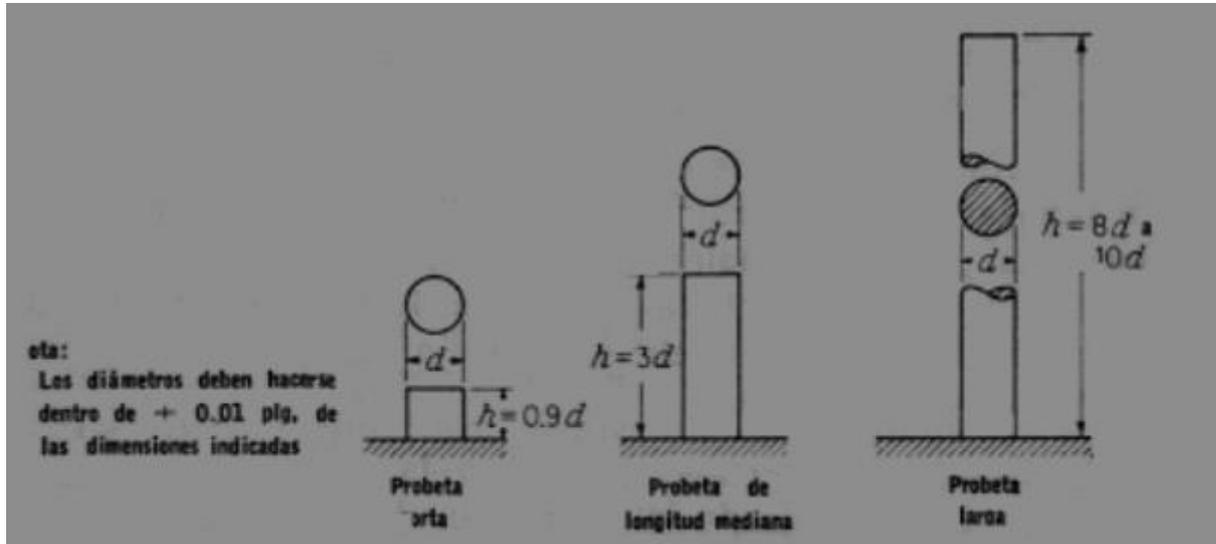


Figura 10: Probetas de materiales metálicos no similares (ASTM E9)

Fuente: (Sánchez, 2011)

Para otros materiales se manejan normas ASTM tales como:

- Ladrillo ASTM E67.
- Losa para desagüe ASTM E4.
- Bloque de barro estructural ASTM E112
- Tubo de albañal ASTM E13, E14.
- Hule vulcanizado ASTM D395, D575.
- Los materiales aislantes moldeados ASTM D48.
- Madera en tamaños estructurales ASTM D198.
- Roca de construcción ASTM E170.

En la *Figura 11* se indica un ensayo a compresión vertical a la fibra de la madera mediante la norma ASTM D143

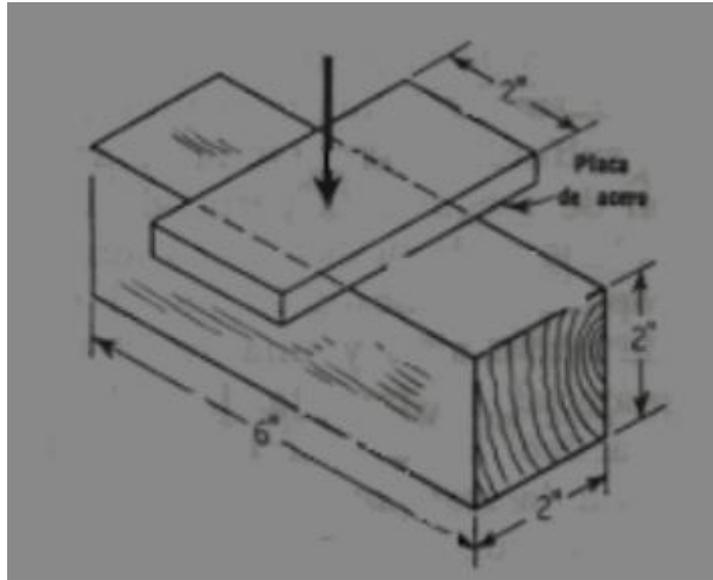


Figura 11: Método de ensayo a compresión perpendicular a la fibra de la madera (ASTM D143)

Fuente: (Sánchez, 2011)

1.5.3. Probetas en ensayos a flexión

Las probetas que se usan funcionan como vigas simplemente apoyadas. La distancia a los apoyos está normalizada en función a la altura o el diámetro de la sección transversal. El tipo de probeta que se usan son: circular, laminar (rectangular), tubular, laminar hueca (rectangular hueca).

Las probetas más frecuentes en este tipo de ensayo con diferentes materiales se tiene las siguientes normativas:

- ASTM E290 (aceros, ejemplo el 1045 y el 316 inoxidable)
- ASTM D790 (plásticos, polipropileno)
- ASTM C674 (cerámica, baldosa, porcelana)
- ASTM D797 (elastómeros, polímeros con comportamientos elásticos)
- ASTM A438 (hierro fundido)
- ASTM D86 (vidrio)

En la *Figura 12*, se muestra un ensayo de una varilla basada en la norma ASTM A370.



Figura 12: Método de ensayo a flexión de una varilla (circular) basada en la norma ASTM A370

Fuente: (Gharagozlou, 2017)

1.6. Sistemas HMI

La Interfaz Humano Máquina o HMI (por sus siglas en inglés Human-Machine Interface), es un sistema que trabaja de manera conjunta con la mayoría de los sistemas automatizados, forzando a la adición de dispositivos de una nueva generación tales como: computadora, tabletas, teléfonos inteligentes utilizando software de diseño en las diferentes áreas de la industria.

Estos sistemas HMI se pueden conectar con varias tarjetas de adquisición de datos, la comunicación a la que se enfocara es de un HMI diseñado a las necesidades de una máquina universal de ensayos con un PLC.

1.6.1. HMI – PLC

Una combinación HMI – PLC desempeña un papel fundamental en el diseño de una solución de automatización verdaderamente esbelta, proporcionando una serie de beneficios durante toda la vida de la automatización de máquinas. Combinando visualización y control de medios.

- Diseño de la maquina más rápida, proporcionando un entorno de desarrollo integrado

- Reducción de los costos de construcción de la máquina por la eliminación de los componentes de cableado.
- Reducción de los gastos de soporte de la máquina y la mejora de operación centralización del acceso remoto y la administración.

Existe una gran gama de tendencias de la arquitectura del sistema de control y la fabricación que se unen para apoyar un enfoque integrado HMI – PLC. (Sdi-news, 2015)

1.6.2. Control básico del sistema

Para comprender mejor las tendencias que impulsan HMI y la tecnología PLC, es útil examinar en primer lugar la arquitectura básica de un sistema de control y cómo el sistema de control en sí está evolucionando. Cambios fundamentales en la arquitectura del sistema de control están haciendo de tecnología HMI-PLC una alternativa convincente (funcionabilidad de simplicidad), reduciendo equipo (y costos), e impulsar la próxima generación de control de la máquina. (Sdi-news, 2015)

La estructura básica del sistema de control incluye sensores, actuadores, interfaz de operador, y dispositivos de control lógicos. Los sensores miden la calidad física, como la temperatura, y convierten esa información en una señal eléctrica, el dispositivo actuador actúa sobre esa información, la interfaz del operador es donde la interacción entre el equipo y la gente ocurre; y el dispositivo lógico controla el funcionamiento de la máquina. El dispositivo de control lógico examina la entrada del operador y el sensor y envía señales al dispositivo actuador. (Sdi-news, 2015)

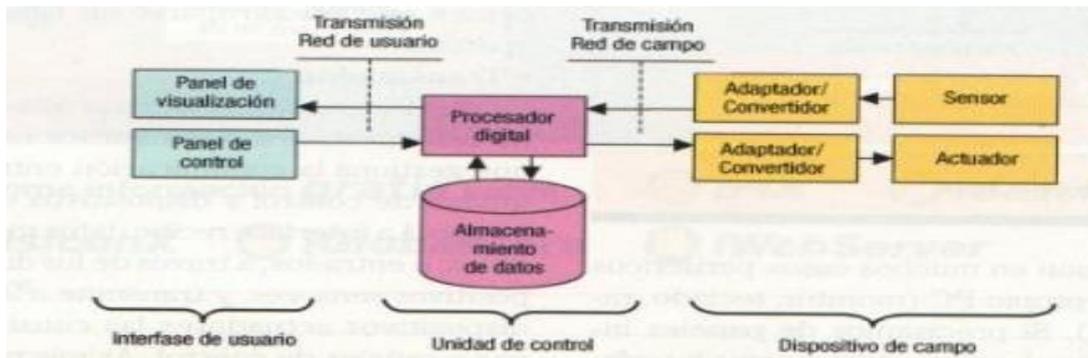


Figura 13: Sistema HMI – PLC

Fuente: (Sdi-news, 2015)

En la *Figura 13*, se observa las funciones principales como:

- **Adquisición de datos.** Para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- **Supervisión.** Para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- **Control.** Para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos o bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.

Y se tiene funciones más específicas tales como:

- **Transmisión.** De información con dispositivos de campo y otros PC.
- **Base de datos.** Gestión de datos bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC.
- **Presentación.** Representación gráfica de los datos. Interfaz del operador o HMI
- **Explotación.** De los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción.

1.7. Software LabVIEW

LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware y análisis de datos.

El entorno de programación de LabVIEW simplifica la integración de hardware para aplicaciones de ingeniería, donde se puede adquirir datos desde hardware de NI y de terceros.

La programación en diagrama de bloques permite tener un mayor enfoque en el trabajo que se está realizando y con ayuda de colores que se utilizan en este programa los errores o el camino correcto para la programación son fáciles de identificar, además, su panel frontal se realiza corridos del programa para verificar si este cumple con los objetivos establecidos.

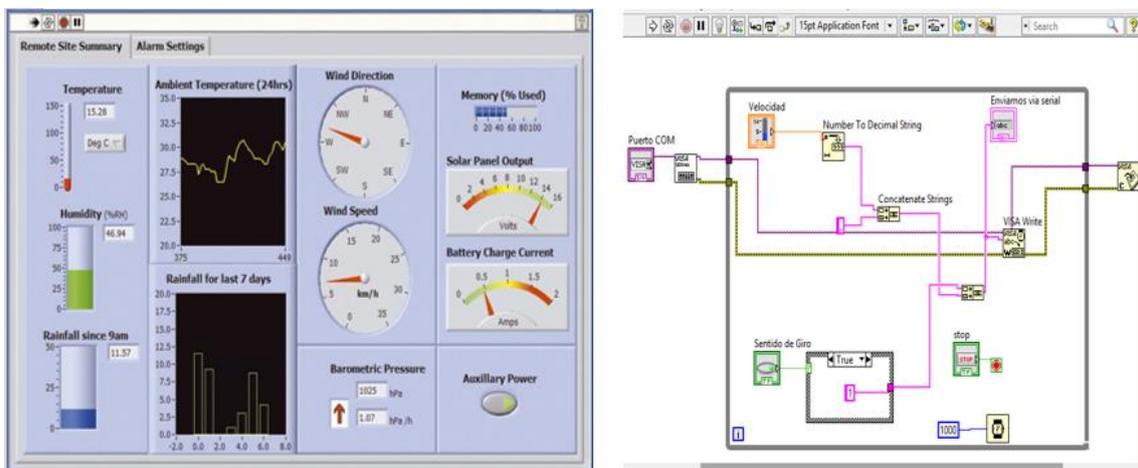


Figura 14: Representación del diagrama de bloques y el panel frontal de LabVIEW

Fuente: (National Instruments, 2017)

LabView permite realizar o crear proyectos de baja, media o alta dificultad para procesos de ingeniería, estos proyectos también se los puede realizar en lenguajes de programación, así como: Java, C, C++, Python y C#, entre otros. La diferencia de estos

programas con LabView, es la gran cantidad de comandos que se usan, los errores no son muy fáciles de determinar, además no se siempre se hace una simulación previa mediante la creación del programa, por lo tanto, no se puede determinar que cumple con los objetivos de este.

```

1  ' Globales -----
2  Var Variable0:Booleano
3  Var Variable1:Cadena
4  ' Fin Globales -----
5  Proc Procedimiento ' <- Procedimiento sin retorno.
6      Var Variable2:Entero ' Locales
7      Var Variable3:Real
8
9      Si Variable0 = Falso Entonces ' Condición "If"
10         Contar Variable2 = 0 a 9 ' Bucle "For"
11             Variable1 = Variable1 + "1"
12         Seguir ' "End For"
13     FinSi ' "End If"
14
15     Variable3 = 5.13
16 FinProc

```

Figura 15: Representación del lenguaje C para programación.

LabVIEW reduce la complejidad de la programación, el cual ayuda a enfocarse directamente en el problema de ingeniería. LabVIEW le permite visualizar resultados inmediatamente con la creación integrada de interfaces de usuario de clic-y-arrastre y visualizadores de datos integrados. Para convertir los datos adquiridos en resultados del negocio reales, desarrolla algoritmos para análisis de datos y control avanzado con IP de matemáticas y procesamiento de señales o reutilizar sus propias bibliotecas desde una variedad de herramientas. Para garantizar la compatibilidad con otras herramientas de ingeniería, LabVIEW puede interactuar o reutilizar bibliotecas de otros software y lenguajes de fuente abierta. (National Instruments, 2017).

1.8. Base de Datos

Hay una cantidad indeterminada de programas para almacenar datos, pero en este caso se ha determinado el uso de Access ya que es un programa que viene con el paquete de Microsoft y no necesita instalación previa.

El hecho de que Access se haya convertido en una herramienta vital para muchas personas, tanto en su vida profesional como en la laboral, es debido a una serie notable de razones, tales como:

- Permite darles forma a bases de datos de una manera realmente sencilla e intuitiva.
- Cada una de esas mencionadas bases se pueden personalizar absolutamente y sin necesidad de tener que contar con un desarrollador.
- De la misma manera, cuenta con una serie de plantillas para que el usuario pueda hacer empleo de las mismas sin tener que perder tiempo en crear una propia.
- Access es un programa que interactúa de manera clara y sencilla con otros softwares de Microsoft también muy utilizados, como pueden ser Excel e incluso Word o PowerPoint.
- Se considera que es una alternativa realmente económica a la hora de realizar distintas bases de datos ya que otros softwares similares cuentan con unos precios muy elevados.
- Permite importar datos de forma fácil y rápida. (Pérez Porto & Merino, 2017)

CAPÍTULO II

2. Metodología

En este capítulo se expone el funcionamiento básico del sistema, el diseño de la interfaz mediante el uso de LabView, y la comunicación del PLC con el HMI, para la visualización y almacenamiento de datos de la máquina universal de ensayos.

2.1. Descripción del sistema

Para llevar a cabo la descripción del sistema o proceso se requiere recabar la siguiente información: procedimiento que se debe seguir en la operación (arranque, paro), dispositivos que intervienen en el proceso (sensores, transductores, motores, variadores, etc.), variables a medir, variables a controlar, variables a monitorear, rangos de operación, función de los dispositivos, entradas y salidas. Esta actividad se lleva a cabo mediante entrevistas con los operadores y encargados de mantenimiento del proceso, visitas de campo y la experiencia del integrador (José Guadalupe Castro Lugo, Juan José Padilla Ybarra, Eduardo Romero A., 2005).

2.1.1. Sistema de lazo abierto

La máquina universal de ensayos es una máquina con un proceso fácil de controlar. Es un sistema de lazo abierto en el que la salida no tiene efecto sobre la acción del controlador, es decir, la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Por lo tanto, en la *Figura 16*, para cada valor de referencia corresponde una condición de operación fijada.

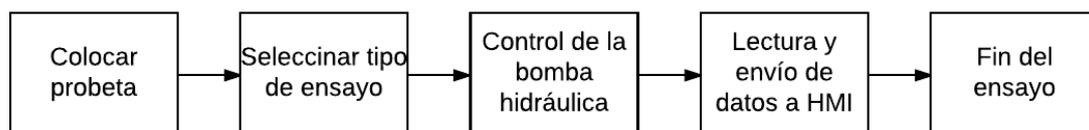


Figura 16: Sistema de lazo abierto máquina.

2.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es una representación gráfica de los pasos en el proceso. Dicho diagrama es útil para determinar cómo funciona realmente el proceso. El diagrama se utiliza en gran parte de las fases del proceso para una mejora continua, sobre todo en diseño e implantación de soluciones y procedimientos del proceso (José Guadalupe Castro Lugo, Juan José Padilla Ybarra, Eduardo Romero A., 2005).

Se puede apreciar en la *Figura 17* el diagrama de flujo de la máquina universal de ensayos.

2.3. Descripción del diagrama de flujo

Como se mencionó anteriormente, el funcionamiento de la máquina universal de ensayos es un sistema de lazo abierto; el control y las acciones de la máquina son sencillas ya que no es necesario realizar una realimentación en el sistema.

2.3.1. Preparación del ensayo

Para iniciar un proceso de ensayo de materiales se debe colocar la probeta a evaluar, esto se lo realiza de forma manual sujetando la probeta en ambos extremos. El espacio en el que se va a colocar la probeta puede estar muy grande o pequeño por lo que se debe mover el cilindro activando la bomba hidráulica o el motor eléctrico.

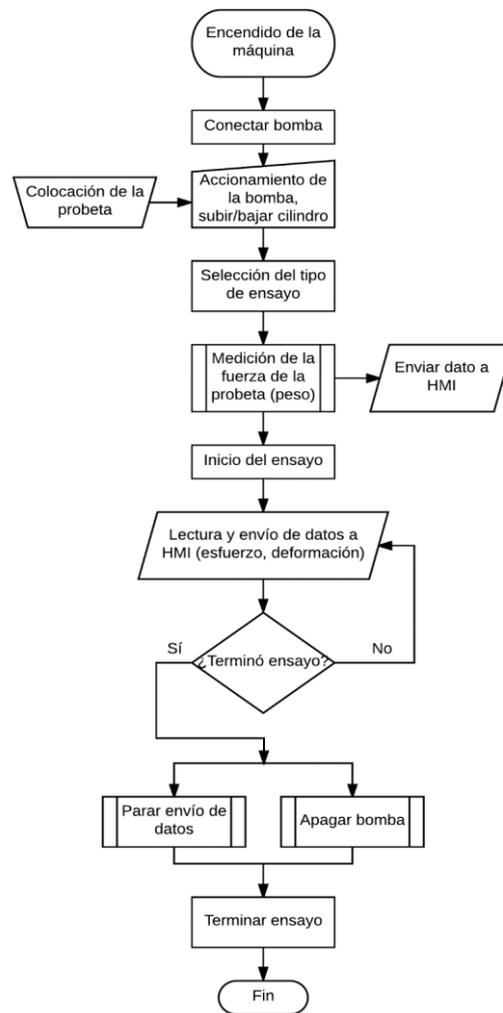


Figura 17: Diagrama de flujo de la máquina universal de ensayos

2.3.2. Diagrama de flujo del HMI

Para iniciar un ensayo hay que cumplir parámetros en la interfaz los cuales están basados en la elección de tipo de ensayo, tipo de probeta, datos de la probeta, activación de la bomba, entre otros. Al cumplir esto, la interfaz permitirá realizar la simulación de ensayos y posteriormente la visualización de resultados, almacenamiento, e impresión de los resultados. Obsérvese la *Figura 18*.

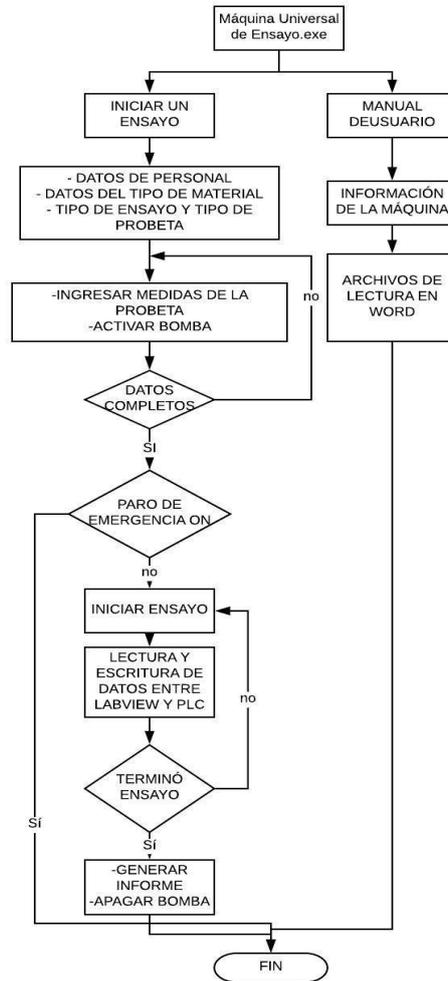


Figura 18: Diagrama de flujo interfaz gráfica

2.4. Selección de la PC

Para la selección de una PC portátil para el uso de LabView 2014, debe tener los siguientes requerimientos:

Tabla 1: Características de LabView y la PC

CARACTERÍSTICAS DE LA PC		
	Mínimo	Recomendado
Procesador	Core i3	Core i5, Core i7
RAM	4 MB	8 GB, 16 GB
Resolución de la pantalla	1024 x 768 pixeles	1024 x 768 pixeles
Sistema Operativo	Windows 7,8,10	Windows 10
Espacio en Disco	75 GB	80 GB (Nota: Incluye drivers por default en el CD NI Device Drivers)

2.5. Diseño del HMI

2.5.1. Menú principal

Se desarrolló un menú con la finalidad de que el usuario pueda iniciar un ensayo o buscar información de la máquina, estas opciones se muestran en pantalla como se indica en la *Figura 19*.



Figura 19: Menú principal

- 1) Se tiene la opción de iniciar una simulación para lo cual se debe tener toda la información de la probeta como medidas y propiedades del material.
- 2) Esta opción lleva a una ventana (*Figura 20*) donde se encuentra toda la información de la máquina, dicha información facilita el uso de esta.

2.5.2. Folletos para el uso de la máquina.

En esta parte se revisa la documentación o información de la máquina para no tener dificultades al momento de manipular la misma tanto en realización de ensayos como mantenimiento, estos documentos son archivos en Word.



Figura 20: Panel frontal para la elección de manuales

- 1) Abre la información sobre la configuración que se debe realizar para la comunicación entre el PLC y LabView.
- 2) Contiene los requerimientos para realizar un mantenimiento al tablero de control.

- 3) Contiene información sobre el mantenimiento del sistema móvil de la estructura mecánica.
- 4) Tiene el funcionamiento del tablero de control.
- 5) Tiene los pasos que se deben seguir para la realización del ensayo.
- 6) Abarca información sobre la bomba hidráulica.

2.5.3. Realizar un ensayo.

Al iniciar un nuevo ensayo se debe determinar el tipo de ensayo a realizar, al igual que el tipo de probeta, además, de la elección del tipo de material o el ingreso de los datos de un material que no se encuentre en la base de datos.

También es necesario ingresar los nombres de la persona quien solicita y elabora el ensayo. Lo mencionado anteriormente se encuentra en la *Figura 21*.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS

SOLICITADO POR: ELABORADO POR:

TIPO DE ENSAYO: TIPO DE PROBETA:

CARGAR DATOS

LISTA DE MATERIALES
----- AGREGAR NUEVO MATERIAL CONTINUAR

Ingeniería Mecatrónica

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BAOBA - ECUADOR

Figura 21: Ingreso de datos iniciales.

2.5.3.1. Ensayo a tracción

1. En este tipo de ensayo se tiene dos tipos de probetas las cuales son circular (*Figura 22*) y rectangular (*Figura 23*).

Una vez elegido el tipo de ensayo y la probeta que se va a utilizar se completa la siguiente información.

- **Circular**

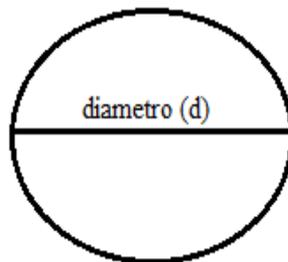


Figura 22: Representación de la probeta circular

El diámetro debe ser ingresado por el usuario, y con este dato el área será calculada mediante el programa usando la *Ecuación 1*.

d (cm) = dato ingresado por el usuario.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \text{ [cm}^2\text{]}$$

Ecuación 1: Área de una circunferencia

- **Rectangular**

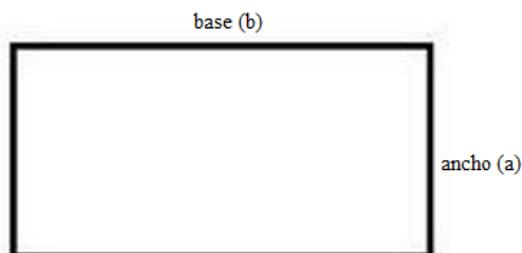


Figura 23: Representación de la probeta rectangular

La base debe y el ancho de la probeta debe ser ingresada por el usuario y mediante el programa se calcula el área mediante la *Ecuación 2*.

$b(\text{cm})$ = dato ingresado por el usuario.

$a(\text{cm})$ = dato ingresado por el usuario.

$$A = b \times a \text{ [cm}^2\text{]}$$

Ecuación 2: Área de una rectángulo

2. Luego de determinar el tipo de probeta e ingresar los datos requeridos también se debe de ingresar la longitud de la probeta ya sea circular o laminar.

L_0 (mm) = dato ingresado por el usuario,

3. El esfuerzo (σ) es determinado mediante la *Ecuación 3*,

$$\sigma = \frac{P}{A} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

Ecuación 3: Esfuerzo

4. La deformación unitaria (ϵ_0) se la determina mediante la *Ecuación 4*

$$\epsilon_0 = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Ecuación 4: Deformación unitaria

5. El módulo elástico del material o módulo de Young se determina mediante el promedio de los datos obtenidos hasta que se cumpla la siguiente relación $E_y > E_{y-1}$, la *Ecuación 5* determina el módulo elástico del material.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

Ecuación 5: Módulo de elasticidad

6. Estos valores se imprimen en una tabla (*Figura 24*) y se puede visualizar mediante una gráfica donde se estudia el esfuerzo en función de la deformación unitaria.

- **Tubular**

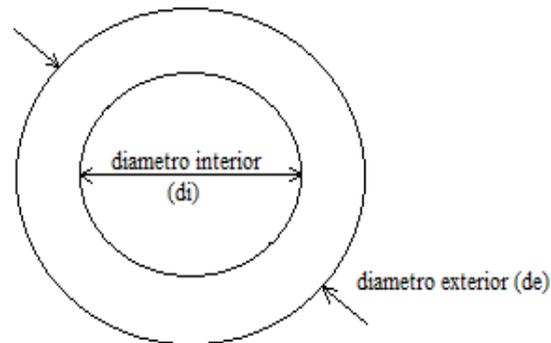


Figura 25: Representación de la probeta tubular

El diámetro interior como el diámetro exterior son datos que deben ser ingresados por el usuario para después calcular su área mediante la *Ecuación 6*.

$d_i(\text{cm}) = \text{dato ingresado por el usuario.}$

$d_e(\text{cm}) = \text{dato ingresado por el usuario.}$

$$A = \frac{\pi(d_e^2 - d_i^2)}{4}$$

Ecuación 6: Área de una probeta tubular

2. Una vez completado los datos requeridos de acuerdo con la probeta seleccionada los pasos a seguir y la información que se verá en pantalla es la misma que en el ensayo a tracción.

2.5.3.3. Ensayo a flexión

1. En este ensayo los tipos de probetas que se pueden utilizar son: circular, rectangular, tubular y rectangular hueca.

- **Circular**

Se toman las medidas ingresadas por el usuario (ver *Figura 22*). Y mediante las ecuaciones y el programa calcula la inercia y el eje neutro con las *Ecuación 7* y *Ecuación 8* respectivamente:

$$I_x = \frac{\pi d^4}{64}$$

Ecuación 7: Punto de inercia

$$\bar{y} = \frac{d}{2}$$

Ecuación 8: Eje neutro

Donde:

I_x (cm⁴) es la inercia, dato calculado por el programa.

\bar{y} (cm) es el eje neutro, dato calculado por el programa.

- **Rectangular**

Se toma las medidas ingresadas por el usuario (ver *Figura 23*). Y mediante estos dos datos el programa calcula el punto de inercia y el eje neutro con las *Ecuación 9* y *Ecuación 10* respectivamente.

$$I_x = \frac{bxa^3}{12}$$

Ecuación 9: Punto de inercia

$$\bar{y} = \frac{a}{2}$$

Ecuación 10: Eje neutro

- **Tubular**

Se toman los datos ingresados por el usuario (ver *Figura 25*). Y mediante estos datos el programa calcula el punto de inercia y el eje neutro con las *Ecuación 11* y *Ecuación 12* respectivamente.

$$I_x = \frac{\pi(de^2 - di^2)}{64}$$

Ecuación 11: Punto de inercia

$$\bar{y} = \frac{de}{2}$$

Ecuación 12: Eje neutro

- **Rectangular hueca**

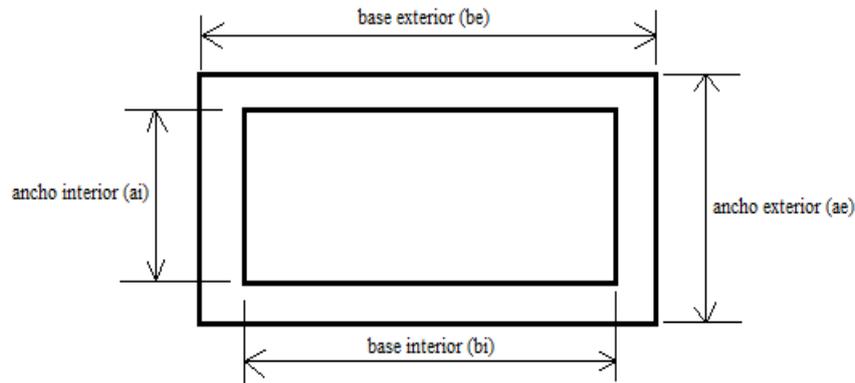


Figura 26: Representación de la probeta rectangular hueca

Los datos que debe ingresar el usuario (*Figura 26*) permiten calcular el punto de inercia y el eje neutro de la probeta con las *Ecuación 13* y *Ecuación 14* respectivamente.

Base exterior (b_e) en (cm), dato ingresado por el usuario.

Base interior (b_i) en (cm), dato ingresado por el usuario.

Ancho exterior (a_e) en (cm), dato ingresado por el usuario.

Ancho interior (a_i) en (cm), dato ingresado por el usuario.

$$I_x = \frac{b_e * a_e^3 - b_i * a_i^3}{12}$$

Ecuación 13: Punto de inercia

$$\bar{y} = \frac{a_e}{2}$$

Ecuación 14: Eje neutro

2. Una vez de seleccionada la probeta y cumplido con las medidas requeridas se debe ingresar la longitud de los apoyos para la probeta.

L (cm), dato ingresado por el usuario.

3. Para calcular el esfuerzo se necesita calcular el momento flector mediante la *Ecuación 15*, y con este esfuerzo se determina el esfuerzo mediante la *Ecuación 16*, además estos valores se muestran en pantalla juntamente con el módulo de elasticidad que se determina mediante la *Ecuación 17*.

$$M_f = \frac{P * L}{4}$$

Ecuación 15: Momento flector

$$\sigma = \frac{M_f * \bar{y}}{I_x}$$

Ecuación 16: Esfuerzo

$$E = \frac{P * L^3}{48 * I_x * y}$$

Ecuación 17: Módulo de elasticidad

Donde:

P: es la carga en (kgf) que se obtiene por la celda de carga mediante el PLC.

L: es la longitud de los apoyos en (cm).

M_f: es el momento flector en (kgf * cm) aplicado en la probeta.

σ: es el esfuerzo aplicado en (kgf/cm²).

y: es la flexión que tiene la probeta en el ensayo obtenida del PLC

4. Estos valores son visualizados en una tabla en la pantalla principal (ver *Figura 24*).

La determinación de la *Ecuación 16* y de la *Ecuación 17*.se encuentran en el **ANEXO 1** de la tesis “Diseño e implementación de un sistema electrónico informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal” (Colcha & Villa, 2010).

2.5.4. Control de la bomba y el motor eléctrico

El control de la bomba se basa en dos partes, la primera en el encendido y apagado de la bomba y el motor, y segundo en la posición para la ubicación de las probetas.

Estos botones se encuentran en el HMI como en el tablero, y la lectura como el envío de las señales se basan mediante el uso del PLC, y el control de la bomba puede ser simultáneo.

2.5.4.1. Activación de la bomba hidráulica y motor eléctrico

En la pantalla principal se tiene un botón el cual permite activar y desactivar la bomba y el motor (*Figura 27*), también se cuenta con dos pulsadores en el tablero (*Figura 28*) de control que permite activar y desactivar la bomba y el motor, y estos botones se encuentran enlazados mediante el PLC Xinje, el cual si se activa o desactiva del tablero se indica en el HMI la activación o desactivación de estos y viceversa desde el HMI al tablero.

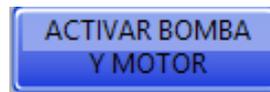


Figura 27: Representación del botón para el encendido y apagado de la bomba y el motor (HMI)



Figura 28: Representación de los botones para el encendido y apagado de la Bomba y el motor (TABLERO)

2.5.4.2. Posición de la bomba hidráulica y motor eléctrico

Para controlar la posición de la bomba o del motor se cuenta un control manual el cual cuenta con una perilla (*Figura 29*) que permite elegir el elemento a ubicar, adicionalmente tiene dos pulsadores para controlar la ubicación de la bomba o del motor. También cuenta con un paro de emergencia. Donde el cilindro me activa a la bomba y la columna activa al motor.



Figura 29: Representación de los botones para controlar la posición de la bomba y motor (Tablero)

La posición de la bomba y del motor también puede ser controlada medial el HMI como se muestra en la *Figura 30*, donde se tiene dos indicadores, los cuales permiten saber que elemento se encuentra activo.



Figura 30: Representación de los botones para controlar la posición de la bomba y el motor (HMI)

2.5.5. Indicadores

En el HMI se tiene varios indicadores ya sean de los cálculos realizados con el programa, como la lectura de las señales enviadas del PLC, esto se determina en la *Figura 31*.

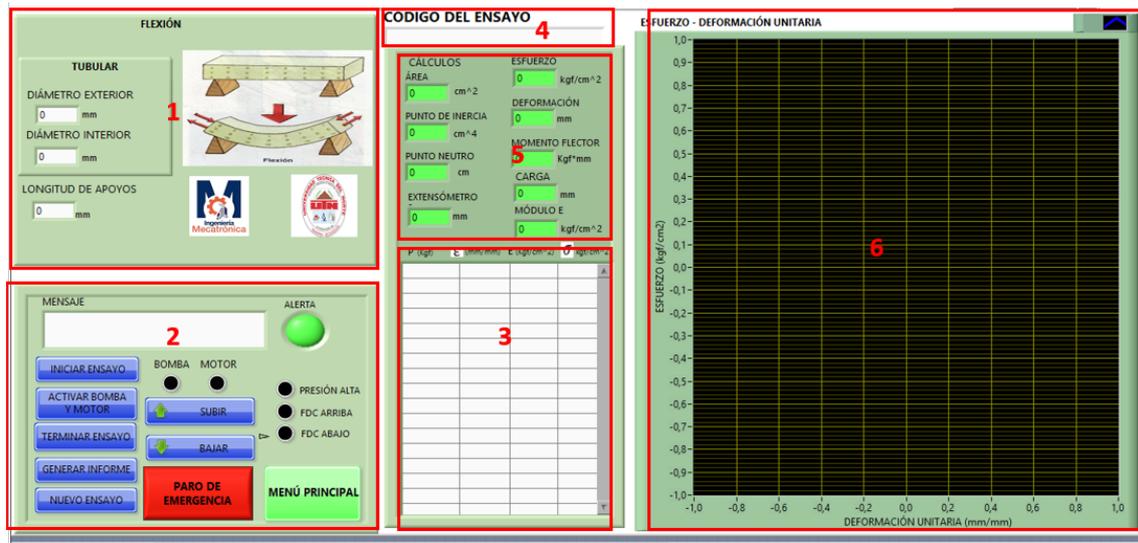


Figura 31: Representación de la pantalla para la simulación de ensayos

1. Indicador del tipo de ensayo y probeta con las medidas que debe de ingresar el usuario
2. Se tiene los controladores para la bomba y motor y la simulación del ensayo como botones de seguridad e indicadores del estado de la máquina y finales de carrera.
3. Tabla de valores para la simulación de los ensayos.
4. Indicador del código del ensayo con el cual se guardan los datos en la base de datos.
5. Tabla de valores de los cálculos realizados
6. Esquema de la gráfica ESFUERZO – DEFORMACIÓN UNITARIA.

2.6. Esquemas de programación.

LabView utiliza un lenguaje de programación visual gráfico, el cual permite realizar control y diseño del HMI para la Máquina Universal de Ensayos.

2.6.1. Selección de tipo de ensayo y tipo de probeta

Para la selección del ensayo que se hizo una lista de control que dependiendo de esta indica el tipo de probeta que se puede utilizar en dicho ensayo.

La *Figura 32* indica los ensayos y el tipo de probeta que se puede usar para cada ensayo. Mientras que en la *Figura 33* se tiene el esquema de la programación.



Figura 32: Control del tipo de ensayo y tipo de probeta

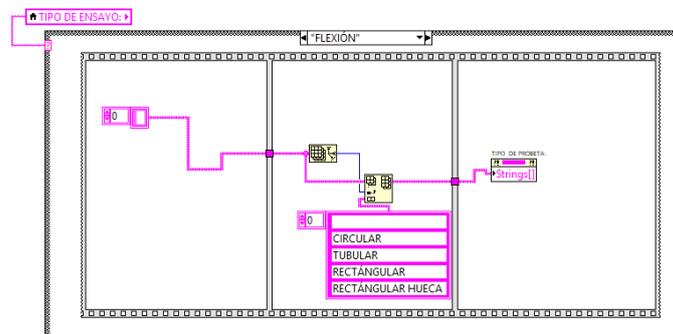


Figura 33: Estructura de casos para la selección de ensayo y tipo de probeta

2.6.2. Cálculo de las dimensiones de las probetas.

Para los diferentes cálculos se usaron operadores matemáticos, ver *Figura 34*, de LabView basándose en las fórmulas determinadas en el punto 2.5.3. “Realizar un ensayo” donde se indica los datos que debe ingresar el usuario y los resultados que indica el programa.

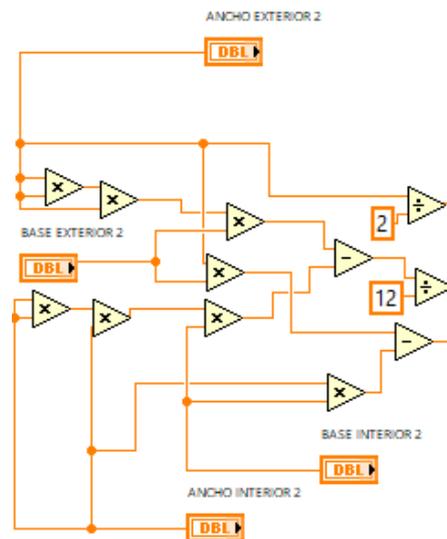


Figura 34: Diagrama de cálculo para una probeta rectangular hueca

2.6.3. Diagrama Esfuerzo – Deformación

Para el diagrama del esfuerzo con la deformación que sufra el material en cada ensayo se utilizó un arreglo para ir guardando el dato anterior y así poder obtener la gráfica respectiva de cada simulación del ensayo. Observe la *Figura 35*.

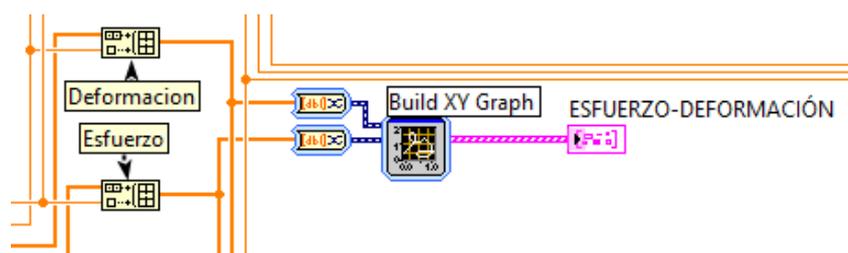


Figura 35: Diagrama para la relación Esfuerzo – Deformación

2.6.4. Diagrama para almacenamiento de datos

LabView permite almacenar los archivos en hojas de Excel creando un archivo diferente por cada ensayo realizado o a su vez utilizando una base de datos en Access, en este caso se utilizó la última (Figura 36) ya que solo se necesita crear un archivo en el cual se van grabando los datos en hojas diferentes del mismo archivo.

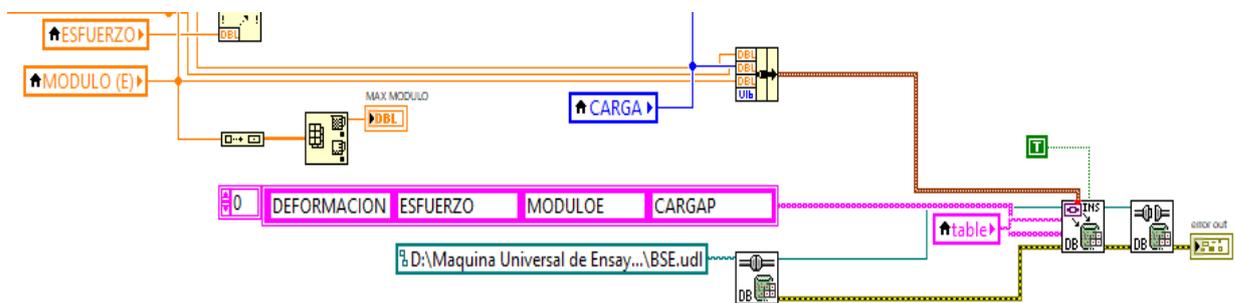


Figura 36: Diagrama para el almacenamiento de los datos

Todos los objet...		LUIRICRECOM06142018			
Buscar...		DEFORMACION	ESFUERZO	MODULO E	CARGA P
Tablas		31,6	14,6481481481481	0,538626312880044	1582
ANDFELRECOM06142018		36,15	14,8611111111111	0,463548992030005	1605
ANGDIARECOM06142018		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
ANGELTRACCIÓN12311903		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
LUIRICRECOM06142018		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
RICCARRECTRA06142018		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605
		36,15	14,8611111111111	0,411095743045951	1605

Figura 37: Base de datos

En la parte izquierda de la

Figura 37 se tiene el nombre del archivo, o código, el cual se genera automáticamente con el programa, y en la parte izquierda se encuentra los datos generados en la simulación del ensayo.

2.6.5. Control de ingreso de datos.

Para este control es necesario que todos los datos de la probeta sean ingresados por el usuario como el nombre del ensayo y observar que la conexión con el PLC este activa y así poder controlar los dispositivos vinculados a este.

Si algo no está en orden el programa no va a correr y por lo tanto el ensayo no se podría realizar, y se tiene mensajes que alertan sobre esto.

Lo mencionado anteriormente se puede apreciar en los esquemas representados por la *Figura 38* y *Figura 39*.

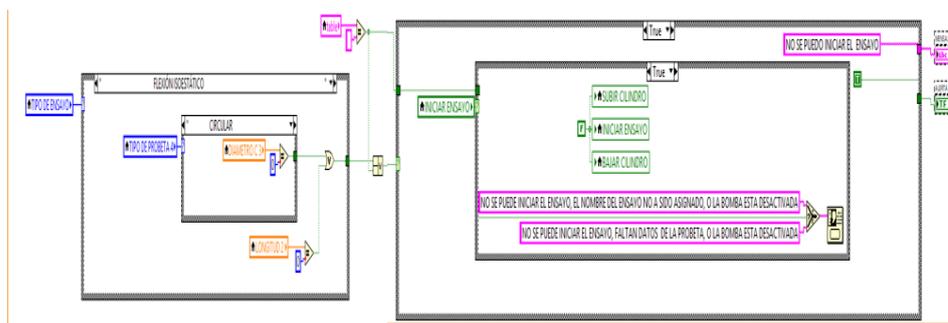


Figura 38: Control de ingreso de datos (I)

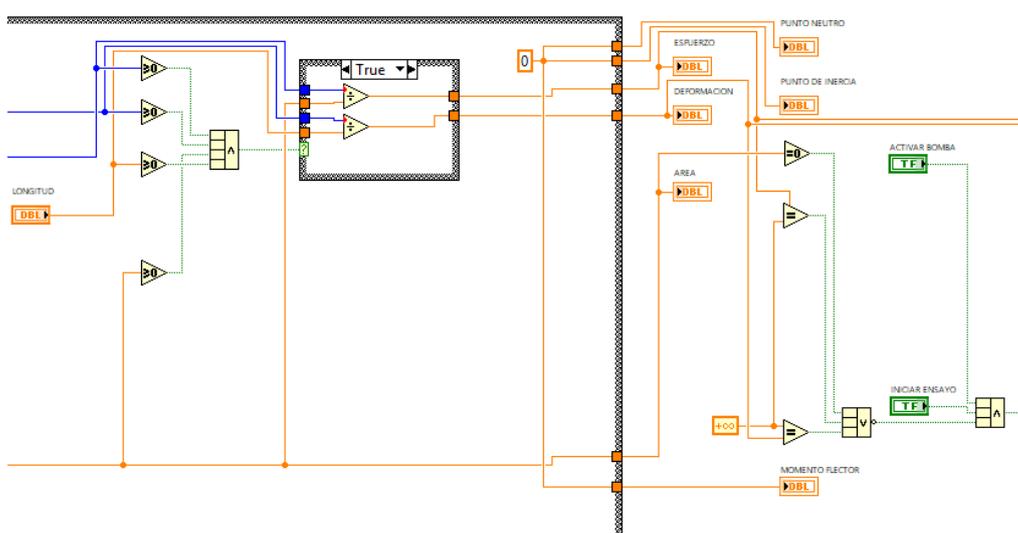


Figura 39: Control de ingreso de datos (II)

2.6.6. Reporte de ensayo

Una vez terminada la simulación del ensayo se tiene un botón el cual me genera un reporte en Word, en el cual se encuentran los datos de la probeta ingresados por el usuario, además de los datos obtenidos con el programa, así como el esfuerzo, la deformación, tipo de material y la gráfica de cada ensayo.

Esto se realiza mediante la creación de tablas en LabView para ser enviadas al reporte en Word, observe la *Figura 40*.

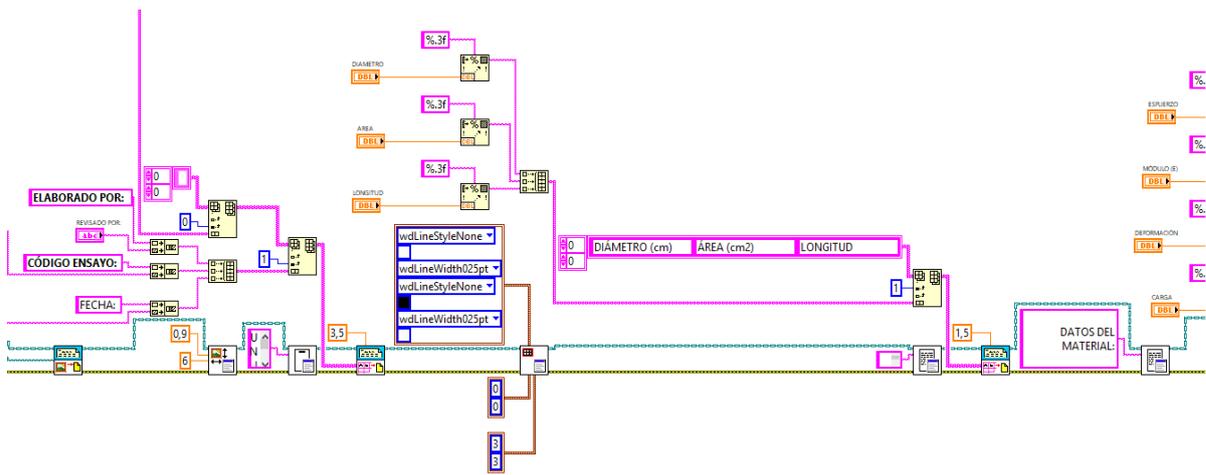


Figura 40: Diagrama para el reporte de ensayo

El formato que se realizó fue basado en los datos que deben ser impresos una vez terminado el ensayo (simulación), las referencias se pueden encontrar en el **ANEXO 7-A** y **ANEXO 7-B**.

2.6.7. Inicialización de datos en cero.

Para esto apenas el programa inicie todos los valores inician en cero y así no tener ningún problema al momento de realizar el ensayo, esto se aprecia en la *Figura 41*.

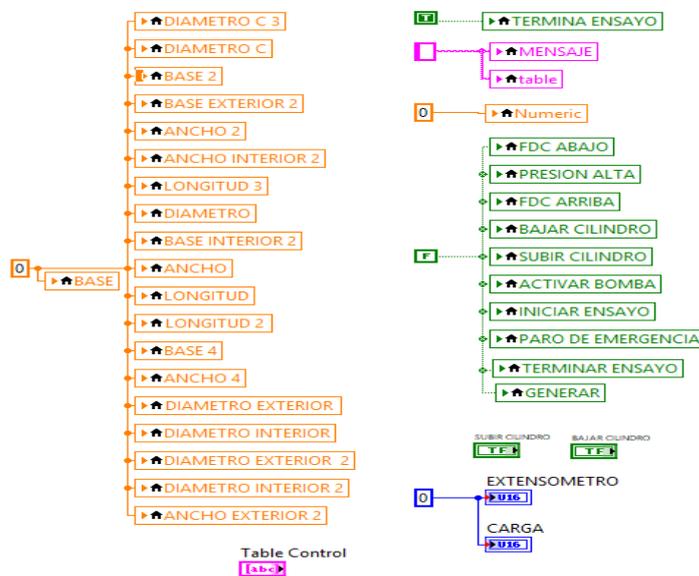


Figura 41: Inicialización en cero

2.6.8. Esquema para la generación del código del ensayo

Este código ayuda a determinar el nombre con el cual se van a guardar los datos del ensayo programado, este código se genera a partir de las primeras tres letras de la persona que solicita y elabora dicha simulación juntamente con tipo de probeta tipo de ensayo y al final la fecha en la cual se realizó dicho ensayo, esto se refleja en la .

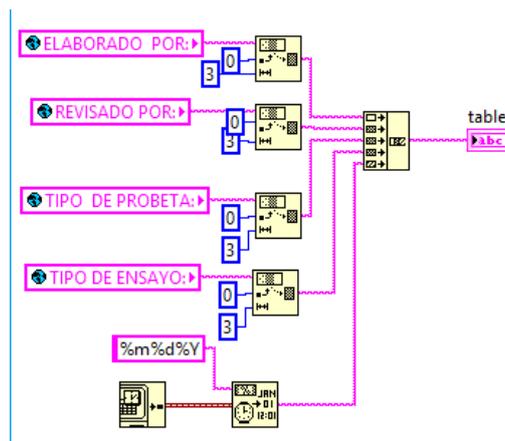


Figura 42: Esquema de la generación del código de cada ensayo

2.6.9. Esquema para la lectura de los manual de usuario

En el siguiente diagrama se muestra la lectura de los archivos, para poder acceder a la información de la máquina, para ello se debe de tener la ubicación del archivo y en caso de este sea removido, cambiar la dirección en el programa para acceder al mismo.

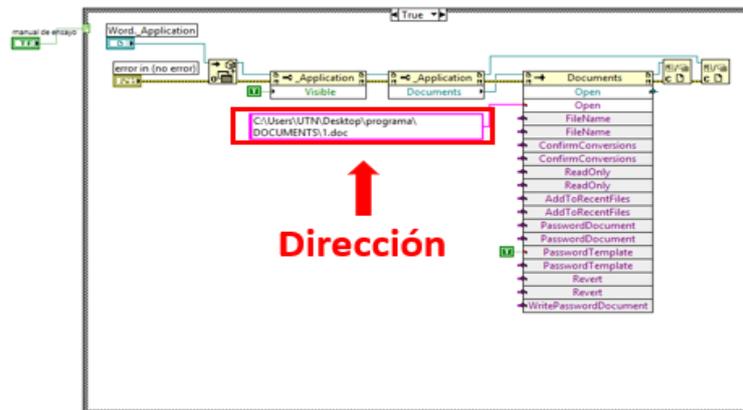


Figura 43: Esquema para la ubicación de los archivos de lectura

2.6.10. Esquema del menú principal

En este esquema se usa un VI denominado “SALTO.vi” la realización de este se encuentra en el ANEXO 6, donde me permite dirigirme a la opción requerida por el usuario.

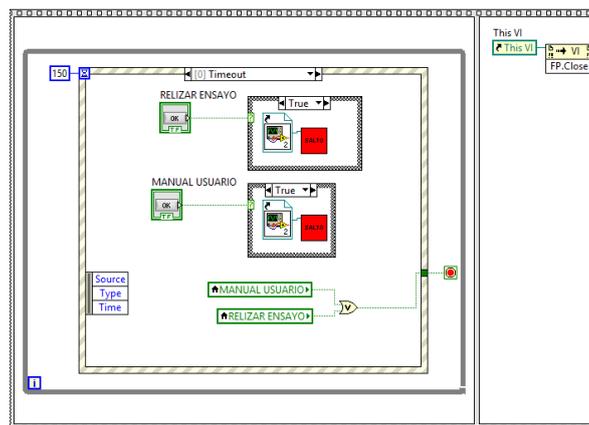


Figura 44: Esquema para la dirección de los VI requeridos

2.7. Base de datos del tipo de material

En la *Figura 45* se tiene parte de la base de datos que cuenta con varios materiales con las siguientes características: Módulo Elástico, Esfuerzo de Fluencia, Esfuerzo de Rotura. Observe *Figura 21*.

TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
BRONCE	(96 a 120) (GPa)	200+ (MPa)	550 (MPa)
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
COBRE PURO	(110 a 120) (MPa)	33 (MPa)	210 (MPa)
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
HIERRO FUNDIDO ASTM-A48	124 (GPa)	965 (MPa)	393 (MPa)
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
HIERRO TEMPLADO	211 (GPa)	(80 a 100) (MPa)	350 (MPa)
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
PLATA	83 (GPa)	---	170 (MPa)
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA

Figura 45: Base de datos de los materiales

En caso de que el material requerido no se encuentre en la base de datos, en la lista de material (*Figura 21*) se cuenta con la opción de “AGREGAR NUEVO MATERIAL” la cual dirige a una ventana (*Figura 46*) donde se puede ingresar los datos del nuevo material en caso de tenerlos.

Figura 46: Ingreso de datos del nuevo material

2.8. Comunicación PLC – LabView

La comunicación entre el PLC y LabView se la realizo mediante la configuración de un NI OPC servers, y se usó un cable adaptador USB a RS232, para la configuración

del NI OPC servers observar **Anexo 1** de la tesis “MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL” (Valencia, 2017).

2.8.1. Variables de entrada y salida

La configuración de estas variables se puede encontrar en el **Anexo 1** de la tesis “MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL”.

Mediante estas variables se puede tomar la lectura de la fuerza aplicada haciendo una relación entre voltaje (en voltios) y fuerza (en kgf), al mismo tiempo la relación ente la deformación (en mm) con el voltaje (en voltios), estas relaciones son lineales, las dos señales antes mencionadas son las que más influyen en la comunicación ya que las demás variables se basan en datos booleanos.

CAPÍTULO III

3. Resultados

En este capítulo se detallará como el programa envía y receipta señales provenientes del PLC, para ello en la parte de instrumentación se realizó una simulación con potenciómetros para las señales de la carga y la deformación que va teniendo el material en el proceso.



Figura 47: Señal de la Carga y la Deformación con potenciómetros

Para la toma de señales se utilizó dos ecuaciones (*Ecuación 18*, *Ecuación 19*), tanto para la carga como para el extensómetro, los valores de 5 y 25 para las señales de la carga y del extensómetro, respectivamente, puede variar dependiendo de la capacidad.

$$y = \frac{5 * x}{1,6383}$$

Ecuación 18: Cálculo de la carga aplicada en kgf

$$y = \frac{25 * x}{16838}$$

Ecuación 19: Cálculo de la deformación en mm

En el **ANEXO 1** se determina como realizar el ensayo.

Los valores que se obtienen en la tabla se guardan automáticamente en una base de datos en Access, la cual se encuentra en el escritorio y se puede acceder sin ninguna dificultad y se debe buscar por el código (*Figura 31*) que se le haya designado automáticamente, en esta simulación el código es el siguiente: ANDPEDRECCOM07272018.

En la *Figura 51* se puede observar que en el lado izquierdo se muestra la ubicación del código generado en la simulación, y al abrir este código se despliegan los valores que se han obtenido.

DEFORMACION	ESFUERZO	MODULO E	CARGA P
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
2,61595207575797E-05	887,437519922413	33924074,0740741	7986,93767930171
9,33022907020343E-04	929,147422463665	33924074,0740741	8362,32680217298
9,33022907020343E-04	929,147422463665	995846,313603323	8362,32680217298
1,34285539888909E-03	934,233995944305	995846,313603323	8408,10596349875
1,34285539888909E-03	934,233995944305	695707,070707071	8408,10596349875
1,47365300267699E-03	939,320569424946	695707,070707071	8453,88512482451
1,47365300267699E-03	939,320569424946	637409,59894806	8453,88512482451
1,57829108570731E-03	944,068038006877	637409,59894806	8496,61234206189
1,57829108570731E-03	944,068038006877	598158,379373849	8496,61234206189
1,95324421656595E-03	950,850135981064	598158,379373849	8557,65122382958
1,95324421656595E-03	950,850135981064	486805,555555556	8557,65122382958

Figura 56: Resultados guardados en la base de datos

El informe, *Figura 57*, que me genera el ensayo me imprime los valores obtenidos por el ensayo, así como la gráfica y los datos de las personas responsables del ensayo realizado.

de acuerdo con la carga establecida y el esfuerzo que ha obtenido y muestra en la tabla el cambio de estos valores.

CÁLCULOS		ESFUERZO	
ÁREA	15,9043 cm ²	ESFUERZO	6,59775 kgf/cm ²
PUNTO DE INERCIA	20,1289 cm ⁴	DEFORMACIÓN	0,480954 mm
PUNTO NEUTRO	2,25 cm	MOMENTO FLECTOR	59,0246 kgf/mm
EXTENSÓMETRO	0,480954 mm	CARGA	2,36098 kgf
		MÓDULO E	20,5719 kgf/cm ²

P (kgf)	E (mm/mm)	E (kgf/cm ²)	σ (kgf/cm ²)
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,28	0,36	4,76	6,28
6,38	0,38	4,76	6,38
6,38	0,38	4,52	6,38
6,38	0,38	4,52	6,38
6,38	0,38	4,52	6,38
6,38	0,38	4,52	6,38
6,38	0,38	4,52	6,38
6,38	0,38	4,52	6,38

Figura 59: Valores obtenidos de la simulación de un ensayo a flexión

Para este tipo de ensayo todos los campos deben estar llenos ya que son necesarios para el proceso del ensayo.

La grafica se obtiene de la relación del esfuerzo con la deformación y los valores se encuentran en la tabla establecida en la pantalla, la gráfica de esta simulación se encuentra representada en la *Figura 60*.

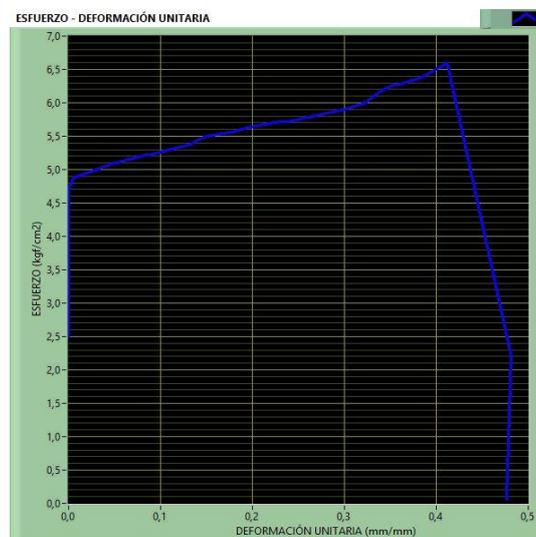


Figura 60: Gráfica obtenida de la simulación de un ensayo a flexión

3.4. Comunicación del PLC con LabView

La comunicación entre el PLC y LabView mediante la aplicación NI OPC server, siempre se mantiene activa (*Figura 63*), así la PC haya sido reiniciada, manteniendo las variables utilizadas en comunicación cada que se requiera hacer una simulación.

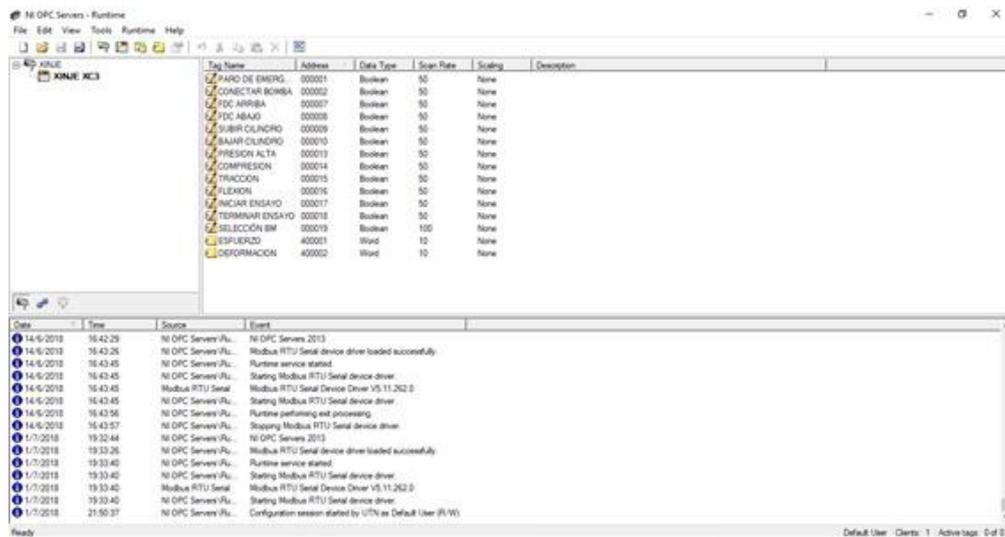


Figura 63: Comunicación activa entre PLC y LabView

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

La comunicación entre el PLC Xinje y LabView mediante el software NI OPC Server, además de brindarnos varios canales de comunicación entre sistemas, su respuesta es inmediata entre estos dos elementos y un mayor control a la máquina con las señales emitidas tanto por LabView y el PLC Xinje.

La creación de VIs para cada tipo de ensayo con su respectiva probeta ayudó a que cada uno obtenga la información de una manera más eficiente que cuando todos los ensayos y probetas se encontraban en un solo VI.

La comunicación de LabView con el PLC Xinje se realizó mediante una comunicación vía USB con un adaptador DB9, la cual permite la lectura y escritura de las variables del PLC y LabView.

La creación de la base de datos, de los resultados de cada simulación realizada, en Access ayudó a tener toda la información en un solo archivo a los cual se puede acceder sin ningún problema y con una mejor organización, contrario a las bases de datos creadas en Excel que generan un archivo diferente por simulación.

Al generar los reportes de ensayos ayuda a tener un resumen de todo el proceso realizado y se puede comparar con ensayos anteriores (simulaciones) para ver las variaciones de estos y tener una mayor perspectiva de cada material y del funcionamiento al momento de obtener los datos.

4.2. Recomendaciones.

En caso de que la comunicación entre LabView y el PLC Xinje no se establezca, es necesario que se cancele toda simulación, y reiniciar el software NI OPC Server, o comprobar que la conexión del puerto USB sea la correcta.

Al momento de ingresar un nuevo material, es recomendable ingresar los valores en las unidades que utiliza el programa (kgf/cm^2) así, al final del ensayo se puede tener una mejor relación con los datos obtenidos.

Tener cuidado al momento de ingresar los datos de la probeta, debido a que las unidades requeridas son basadas en el SI y esto puede afectar a los resultados de las simulaciones o posteriormente ensayos.

Al momento de iniciar la ventana donde se va a realizar la simulación del ensayo, observar que los valores de la carga y el extensómetro se encuentren en cero, caso contrario revisar los sensores (potenciómetros) e inicializarlos en cero, este es el procedimiento para iniciar la simulación.

Una vez terminada la simulación se debe generar el reporte de dicha simulación, ya que una vez que se cierra el programa todos los valores se reinician en cero y se perdería la información obtenida anteriormente.

Bibliografía

- Alberto Pinto. (2015). *ingenieriareal.com*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/tipos-de-maquinas-universales-de-tension-y-compresion/>
- Castillo, J. (30 de octubre de 2013). *Castillo Automoción*. Obtenido de <http://castillocaballero.blogspot.com/2013/10/solicitaciones-mecanicas-de-los.html>
- Colcha, G., & Villa, M. (2010). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO - INFORMÁTICO PARA APLICACIONES EN ENSAYOS EN LA MÁQUINA UNIVERSAL*. Riobamba.
- EASTGROUP. (2016). *Máquina para ensayos de compresión de concreto*. Obtenido de <http://testersupply.es/3-2-concrete-compression-testing-machine.html>
- Gere, J., & Timoshenko, S. (1984). *Mecánica de Materiales*. Estados Unidos: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Gharagozlou, Y. (2017). *INSTRON*. Obtenido de <http://www.instron.com.ar/es-ar/our-company>
- Ibertest. (2015). *ibertest.es*. Obtenido de <https://www.ibertest.es/products/dispositivos-de-ensayo-para-probetas-normalizadas/>
- ISO, N. (16 de Junio de 2014). *Normas ISO*. Obtenido de ISO 12100: <http://www.normas-iso.com/iso-12100-seguridad-de-las-maquinas/>
- Mariano. (27 de junio de 2011). *Tecnología de los plásticos*. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-mecanicas.html>
- mecanicaauxiliar. (Mayo de 2011). *mecanicaauxiliar.es*. Obtenido de <http://mecanicaauxiliar.es/ensayos-mecanicos>
- National Instruments. (2017). *LabView*. Obtenido de <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview/buy-labview.html>

- neetescuela. (26 de Septiembre de 2013). *neetescuela.org*. Obtenido de <https://neetescuela.org/probetas-segun-el-ensayo-mecanico/>
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2017). *Definición .DE*. Obtenido de <https://definicion.de/access/>
- Sánchez, D. (Abril de 2011). *Sánchez Carrillo*. Obtenido de Ensayos de Compresión: <http://sanchez-carrillo.blogspot.com/p/ensayos-de-compresion.html>
- Sdi-news. (10 de agosto de 2015). *Control Y Automatizacion*. Obtenido de https://control.sdindustrial.com.mx/imagenes/septiembre13/integracion_hmi_plc.pdf
- Torres, J., & Redondo, J. (2008). *Reparación y Automatización de una máquina universal de ensayos*. Táchira.
- Urrutia, M., Bustillo, C., & Salinas, J. (8 de Agosto de 2010). *Lab. Mecánica de Materiales UNAH*. Obtenido de NORMAS ASTM PARA PRUEBAS MECÁNICAS: <https://sites.google.com/site/labmecanicadematerialesunah/noticias/normasastm-parapruebasmecanicas>
- Valencia, Á., & Sepulveda, A. (2012). *DISEÑO DE PROBETAS PARA EVALUAR LA DUCTILIDAD DE COBRE CON DISTINTA PUREZA*. Santiago de Chile.
- Valencia, R. (2017). *MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS: INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL*. Ibarra.

ANEXOS

ANEXO 1: Manual para realizar un ensayo

Antes de empezar cualquier tipo de ensayo (cuando la máquina esté terminada en su totalidad) se debe tener las medidas exactas de la probeta a utilizar.

Para empezar un ensayo se ejecuta el programa **MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS.exe** dando doble clic sobre el icono en el escritorio.

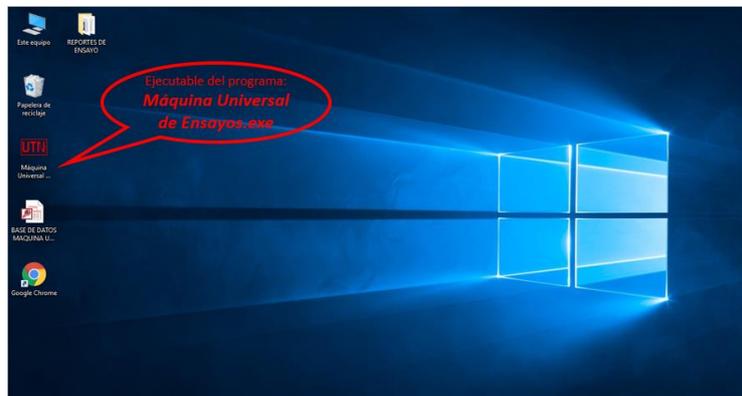


Figura 64: Ubicación del ejecutable del programa en el escritorio del ordenador

Después de dar doble clic en el icono se abre el menú principal luego clic en la opción **INICIAR ENSAYO**, esta opción abre una ventana en la cual se debe llenar los campos que son necesariamente obligatorios para poder continuar.



Figura 65: Representación del menú principal

- a) En caso de que el material a usar se encuentre en la base de datos, se llenan los demás campos, una vez completado esto, clic en **CARGAR DATOS** y luego en **CONTINUAR**.

Figura 66: Representación al momento de cargar los datos

- b) Si el material a usar no se encuentra en la base de datos, en la lista escoja la opción **AGREGAR NUEVO MATERIAL**, esto habilita el botón de **AGREGAR NUEVO MATERIAL** el cual lleva a la Figura 46, se llena lo pedido y posterior mente se da en **GUARDAR** y regresa a la Figura 67, y se procede de igual manera como en el punto a).

Figura 67: Representación para agregar datos de un nuevo material

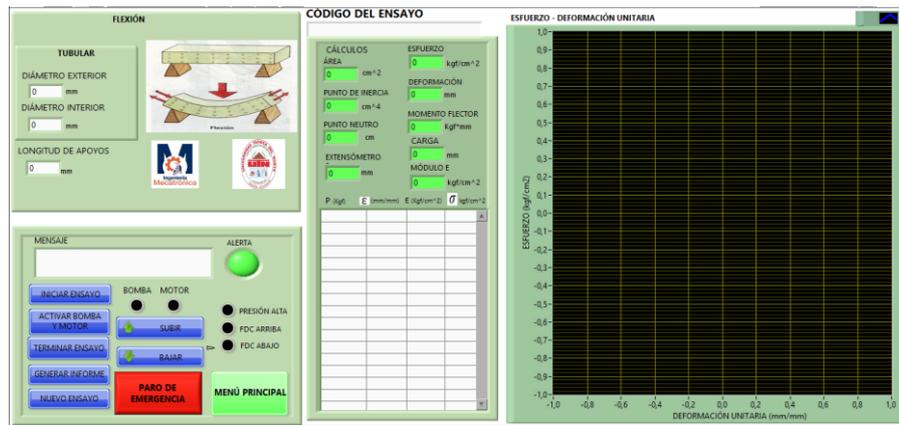


Figura 68: Representación del HMI para un ensayo a flexión de una probeta tubular.

Realización de simulación de ensayos.

Para la realización de estas simulaciones se maneja un concepto general a las normas ASTM debido al material del cual este hecho la probeta.

Una vez llenado los datos iniciales de la *Figura 66* o *Figura 67*, se procede con los siguientes pasos para la simulación de cualquier tipo de ensayo y cualquier tipo de probeta.

- Se inicia controlando que la máquina este encendida y no presente ningún problema.
- Ingresar las medidas de la probeta para proseguir con los cálculos que da el programa.
- Al iniciar la simulación del ensayo todos los valores se inicializan en cero.

Después realizar la sujeción de la probeta. Para esto se debe activar la bomba o el motor y mediante los pulsadores ubicados en el mando manual (*Figura 29*) o los botones del HMI (*Figura 30*) ir determinado la posición adecuada del cilindro.

- d) Si todos los datos han sido ingresados correctamente y la máquina no presenta ninguna avería con ello aparece un mensaje el cual indica que ya se puede empezar con el ensayo.



Figura 69: Representación de la indicación para poder iniciar un ensayo

- e) En la *Figura 69* indica los botones para poder terminar el ensayo para dejar de tomar datos del PLC si es necesario, caso contrario una vez que la probeta se haya fracturado o roto el ensayo termina y se puede generar el informe el cual es un archivo en Word que se guarda automáticamente en una carpeta ubicada en el escritorio denominada **REPORTES DE ENSAYO**, con el nombre de la persona quien solicitó el ensayo.

ANEXO 2: Manual para acceder a la información de la máquina

Se inicia ejecutando el mismo programa del ANEXO 1 (Figura 64), en el menú principal se da clic en el botón *MANUAL DE USUARIO*, el cual abre una ventana que tiene varios botones cada uno con un archivo en Word.



Figura 70: representación del menú principal



Figura 71: representación para acceder a información de la máquina.

En esta ventana se puede elegir el archivo que sea necesario, para conocer la información deseada por el usuario.

ANEXO 3: Creación de la base de datos.

Para la creación de la base de datos se empieza abriendo Access, se continua dando clic en *Base de datos en blanco* y se abre la siguiente ventana.



Figura 72: representación para crear la base de datos.

Fuente: (National Instruments, 2017)

En esta ventana se da clic en la carpeta que se indica en la *Figura 72*, para crear el formato que se necesita, el formato que se utiliza es el 2002 – 2003, el cual genera el archivo .mdb que se vinculara con LabView.

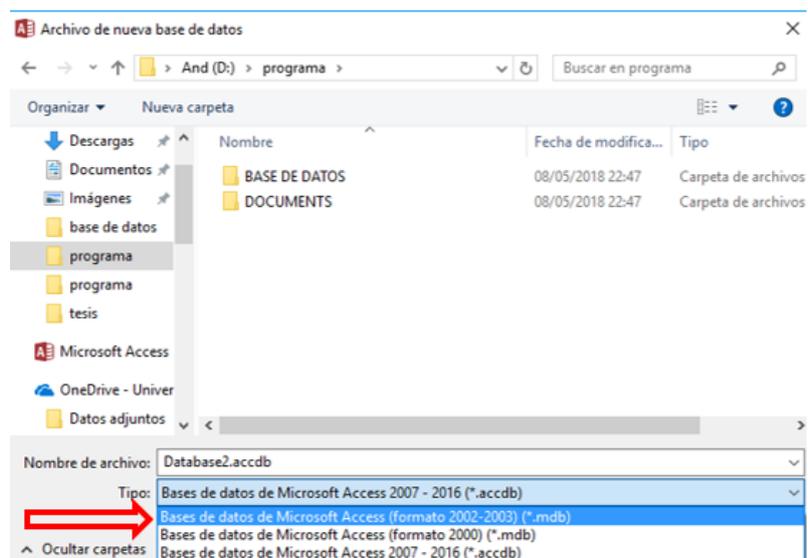


Figura 73: representación para el formato de la base de datos.

Fuente: (National Instruments, 2017)

Una vez de escogido el formato, determine donde quiere guardar el archivo y el nombre de este. Clic en *aceptar* y regresa a la ventana anterior y se da clic en *crear* con eso se tiene creada la base de datos.

Lo siguiente es vincular la base de datos con LabView, para ello se crea un archivo .udl, se abre el panel frontal del programa, en la parte superior se tiene la barra de herramientas, se busca la pestaña *tools* y se da clic en la opción *Create Data Link*

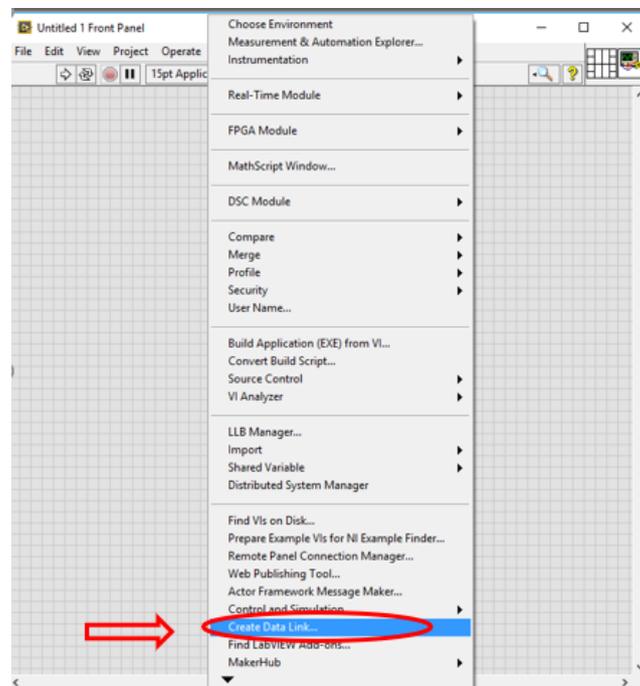


Figura 74: creación de archivo para vincular a la base de datos.

Fuente: (National Instruments, 2017)

Esto dirige a la siguiente ventana que se muestra en la *Figura 75*, el cual posee los proveedores para la comunicación.

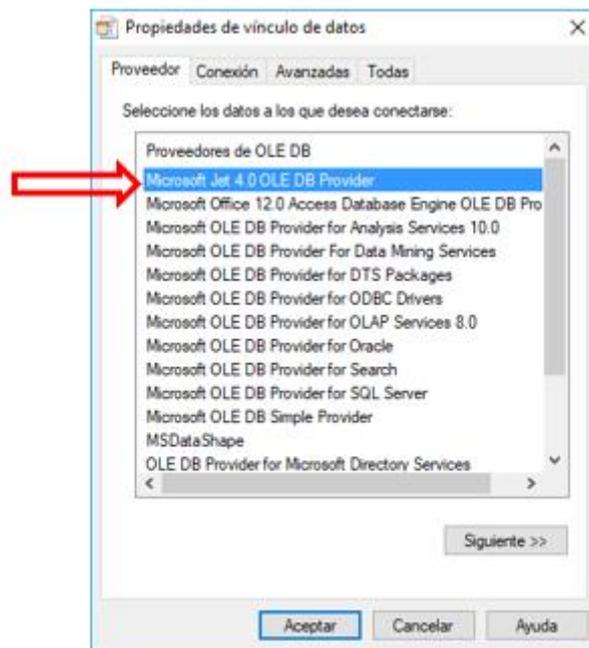


Figura 75: representación de los proveedores para los vínculos con la base de datos.

Fuente: (National Instruments, 2017)

Una vez seleccionado el proveedor que indica la Figura 75 se da clic en *siguiente* para realizar la conexión con la base de datos Access previamente creada.

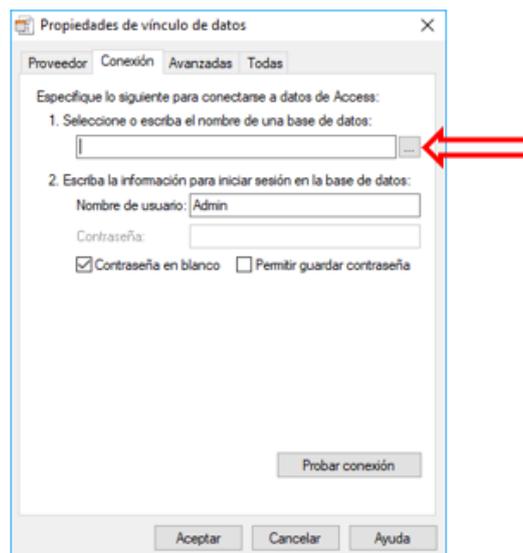


Figura 76: conexión con la base de datos Access.

Fuente: (National Instruments, 2017)

La Figura 76, indica tres puntos los cuales en los cuales pide la dirección donde se guardó la base de datos en Access, busca la ubicación del archivo, una vez ubicado el archivo en la misma imagen se tiene el botón de *probar conexión*, clic y se espera a que salga una ventana confirmando la conexión con la base de datos.

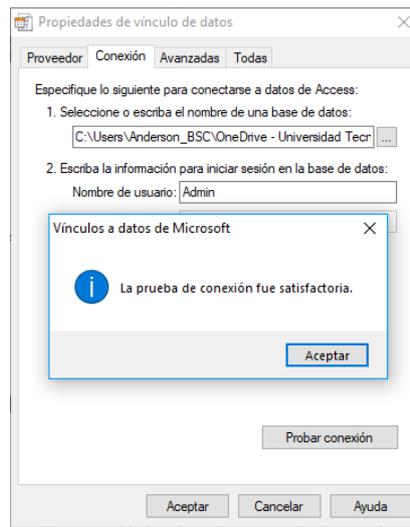


Figura 77: confirmación de la conexión con la base de datos.

Fuente: (National Instruments, 2017)

Luego de confirmar la conexión, se da clic en aceptar, y nuevamente queda la Figura 76, nuevamente clic en aceptar y se abre una nueva ventana donde se crea el archivo .udl, que se debe utilizar para la comunicación.

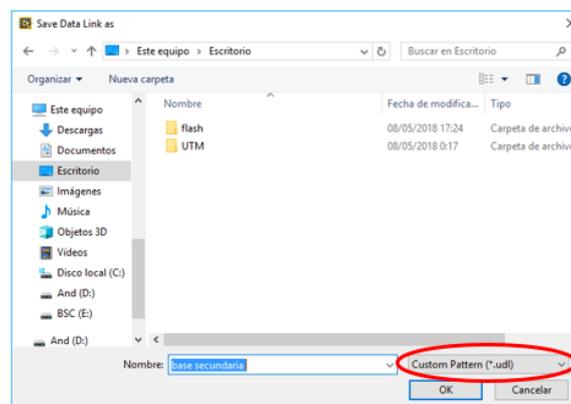


Figura 78: creación archivo .udl.

Fuente: (National Instruments, 2017)

En la *Figura 78*, se observa que el archivo que se crea es .udl, el cual es muy importante para la comunicación con la base de datos.

Por último, se guarda el archivo en una carpeta específica y recordar la dirección donde se la guardo, para posteriormente ser utilizada en el esquema de programación que se presenta en la *Figura 36*.

NOTA: si el archivo .mdb o el archivo .udl fueron movidos de sus ubicaciones originales, o el archivo del programa se reubico, se debe proceder a crear una nueva conexión.

ANEXO 4: Base de datos para tipo de material

Si se requiere aumentar materiales a la base de datos, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Se abre el disco UTN (D:), se abre la carpeta *Maquina Universal de Ensayos* > *BASE DE DATOS DE MATERIALES*, y se procede a abrir el archivo *BASE DE DATOS.xlsx*

En esta base de datos se tiene casillas vacías en los cuales pueden ir llenando la información de nuevo material, es importante que estos nuevos valores vayan uno a continuación de otro.

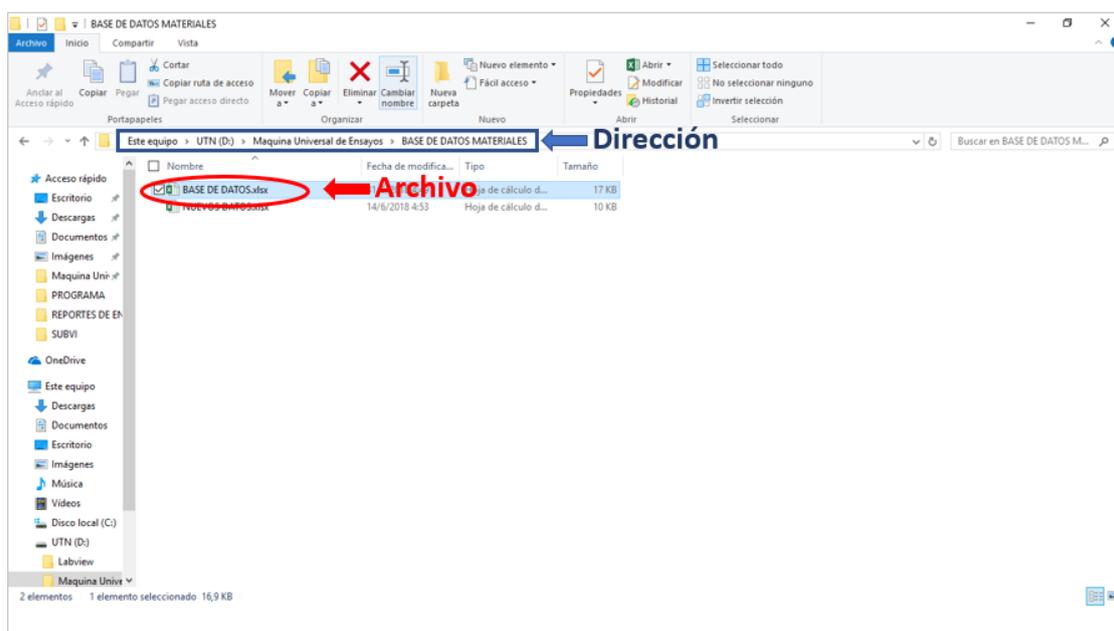


Figura 79: Ubicación del archivo de la base de datos para los tipos de materiales

TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
POLIETILENO - ALTA DENSIDAD	10 (MPa)	2332 (MPa)	2780 (MPa)
POLIETILENO - BAJA DENSIDAD	1,04(MPa)	482(MPa)	878 (MPa)
POLIPROPILENO	1228 (MPa)	29,42 (MPa) TRACCIÓN	(7,8 a 11,77)(MPa)
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA
TIPO DE MATERIAL	MÓDULO ELÁSTICO	ESFUERZO DE FLUENCIA	ESFUERZO DE ROTURA

Figura 80: Base de datos (tipos de material)

El archivo permite tener un registro de los datos registrados en el programa.

- Una vez ingresado los nuevos materiales, se guarda el archivo y en la carpeta *Maquina Universal de Ensayos > PROGRAMA*, se abre el archivo *INICIO*.

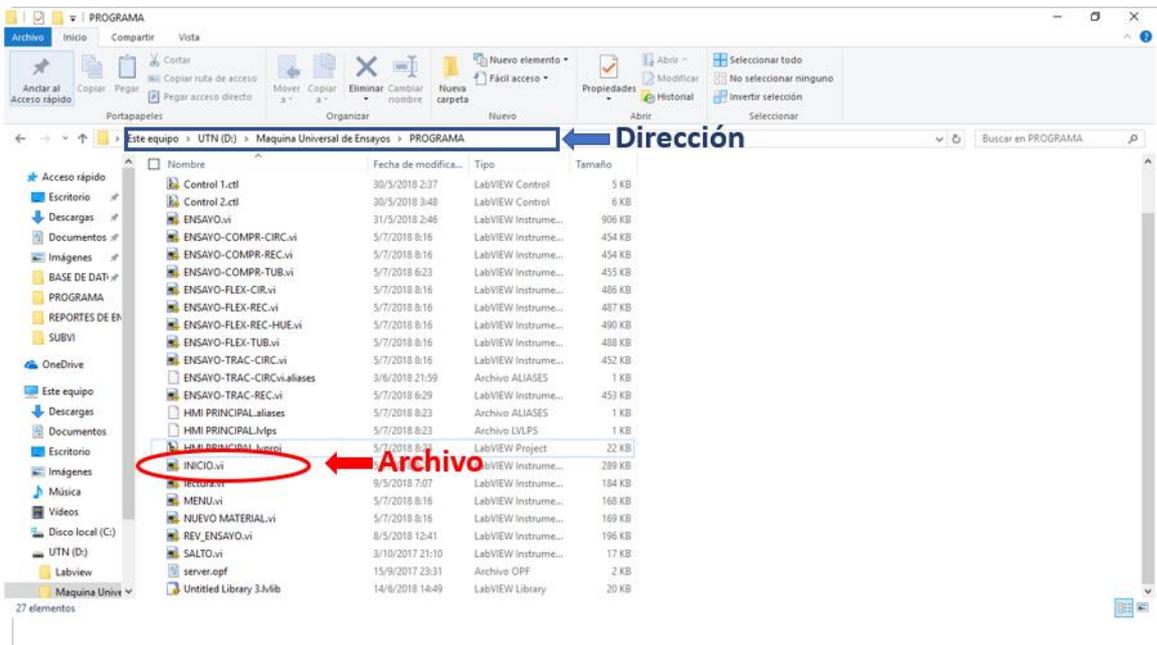


Figura 81: Ubicación del archivo INICIO.vi

3. Una vez que esté abierto el archivo se ubica en el panel frontal y el diagrama de bloques y se hace lo siguiente: Panel frontal > clic derecho en el icono de lista de materiales > Edit Items...

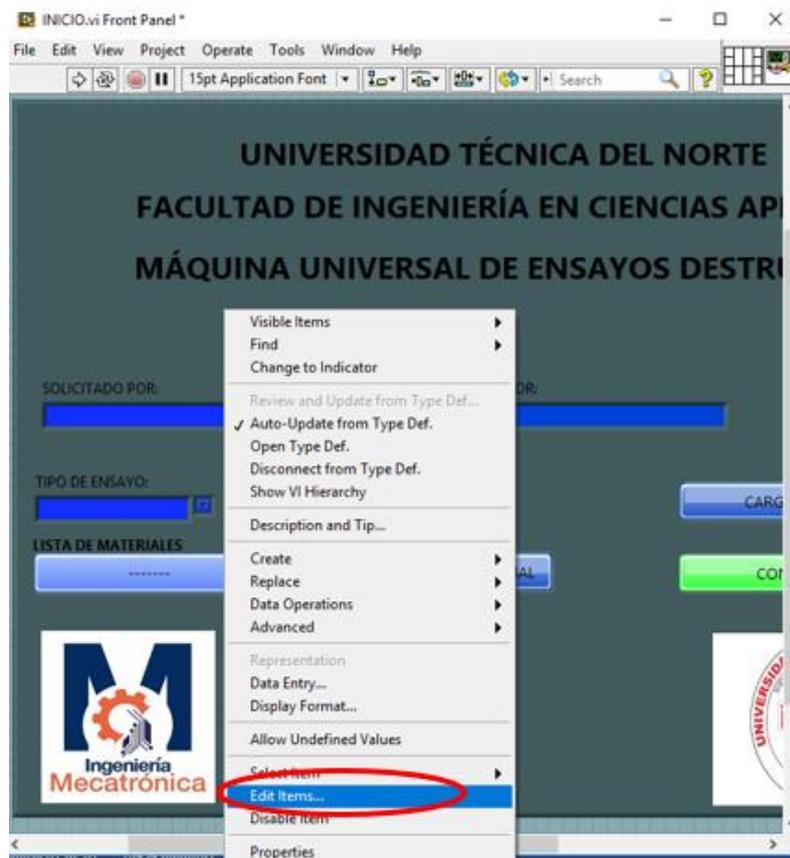


Figura 82: Selección de items

Fuente: (National Instruments, 2017)

Se abre una ventana y doble clic donde se indica la *Figura 83*, agregando la misma cantidad de items que los nuevos datos ingresados. Procurando que la secuencia siga en forma ascendente sin varias las anteriores.

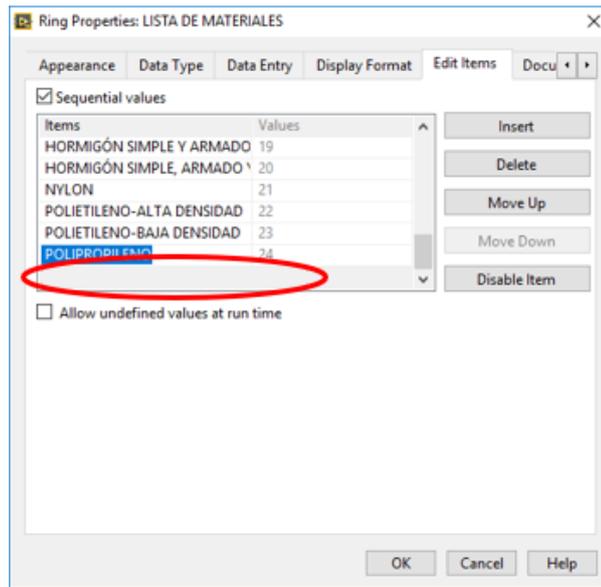


Figura 83: Creación de nuevos items

Fuente: (National Instruments, 2017)

Una vez terminado la creación de los items, se cambia al diagrama de bloques presionando > Ctrl + E > y se busca las dos estructuras de casos que indiquen *LECTURA BASE DE DATOS*, se ubica en el último caso y se hace una copia de lo que indica la Figura 84.

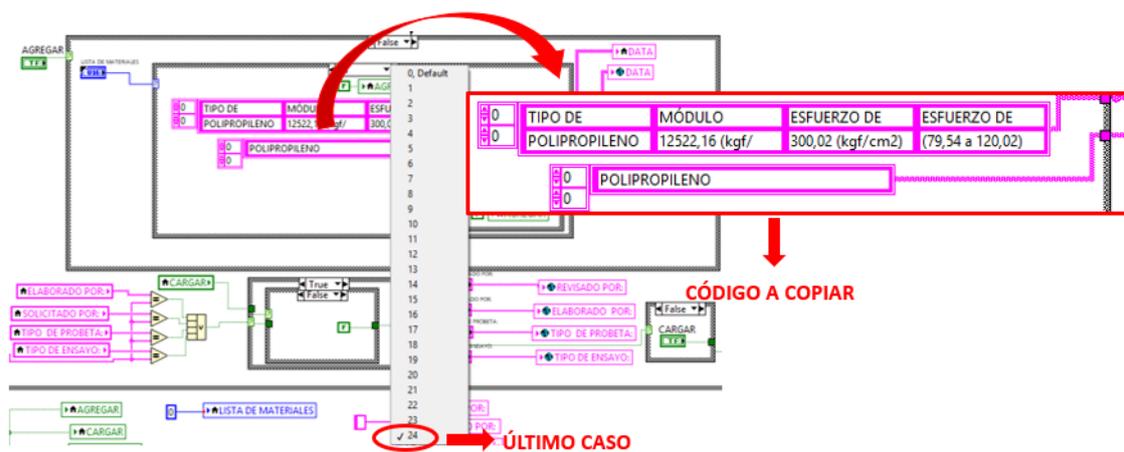


Figura 84: Selección de caso y repetición de código

Dando clic derecho en el último caso se busca la opción de agregar caso después (Add Case After).

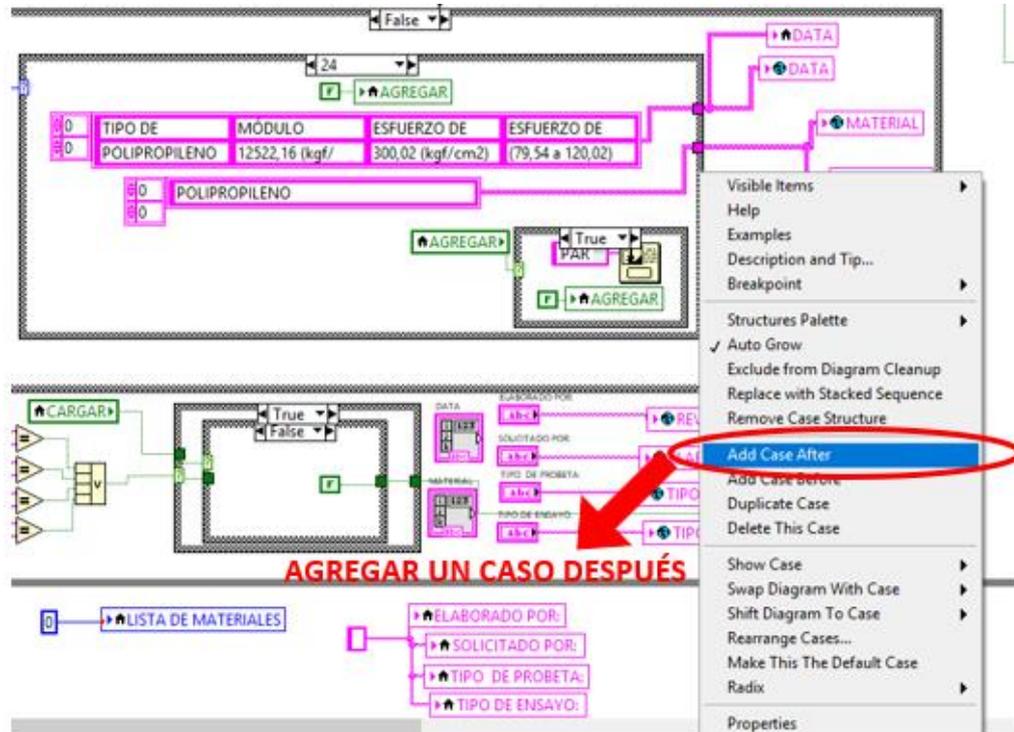


Figura 85: Nueva lectura del material

Una vez agregado el nuevo caso se realiza una copia del código indicado en la Figura 84, el código copiado debe agregarse al nuevo caso creado (Figura 85) llenando los datos del nuevo material tal como se encuentran los casos anteriores.

Para la segunda estructura de casos solo se agrega el nuevo caso como en la Figura 85, y se uno los puntos como en el último caso existente en esa estructura.

ANEXO 5: Creación del archivo .exe para la ejecución del programa.

Antes de crear el archivo se debe de revisar que todo esté en su lugar, ya que, una vez creado este icono, si se hace un arreglo en algún VI, no lo toma en cuenta y permanece con el previamente creado.

Abrir la dirección de la *Figura 81* y buscar el archivo *HMI PRINCIPAL.lvproj*.

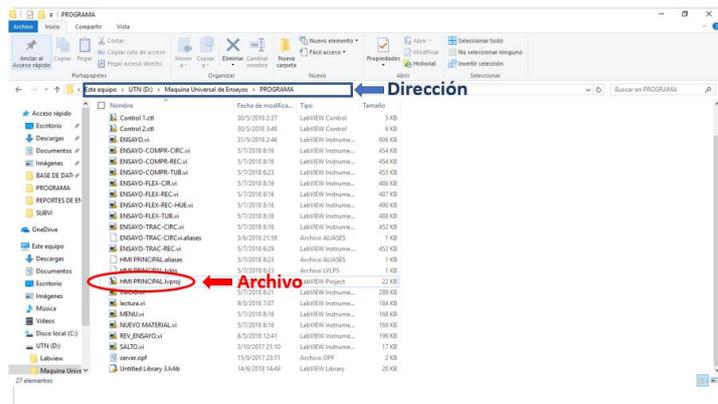


Figura 86: Ubicación del proyecto general

Una vez abierto el proyecto se dirige a *Build Specifications > New > Application (EXE)*.

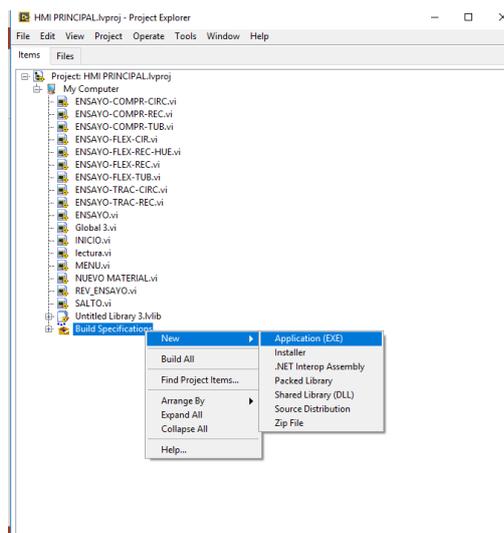


Figura 87: Configuración del ejecutable

Fuente: (National Instruments, 2017)

Esto guía a una nueva ventana donde se debe de escoger cual será el VI principal y cuáles serían los secundarios en este caso el VI principal es el archivo *MENU.vi* y los demás serían secundarios, este proceso se lo realiza en la opción marcada *Source Files*.

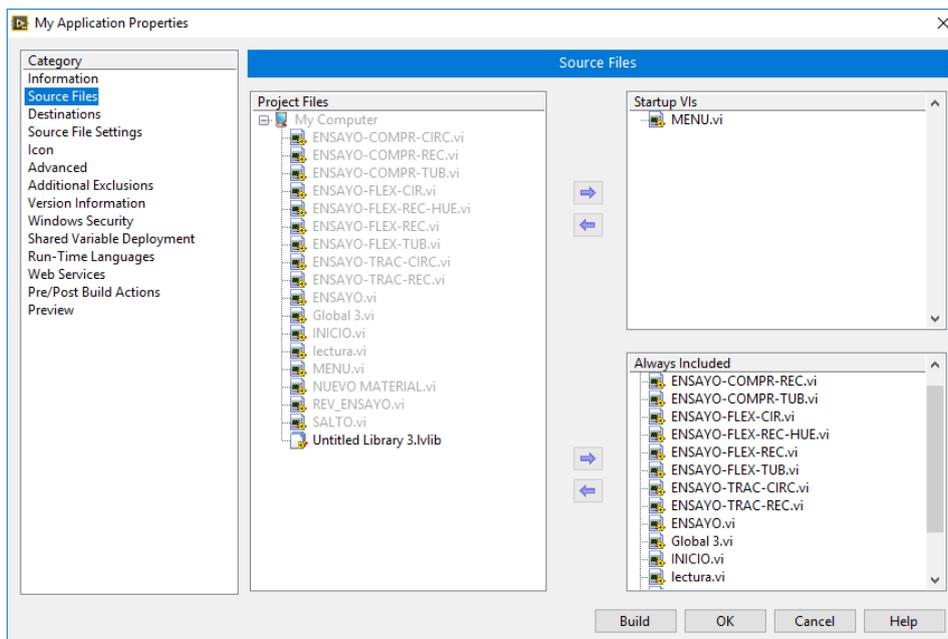


Figura 88: Selección del VI principal y VIs secundarios

Fuente: (National Instruments, 2017)

En esta ventana tienen opción en las cuales pueden editar el icono, si se lo requiere, una vez terminado este proceso, clic en construir (*Build*).

La dirección donde se crea el archivo se encuentra en la opción *Information*, la dirección en la que se encuentra nuestro ejecutable es: (D:) > *Maquina Universal de Ensayos* > *builds* > *HMI PRINCIPAL* > *My Application*

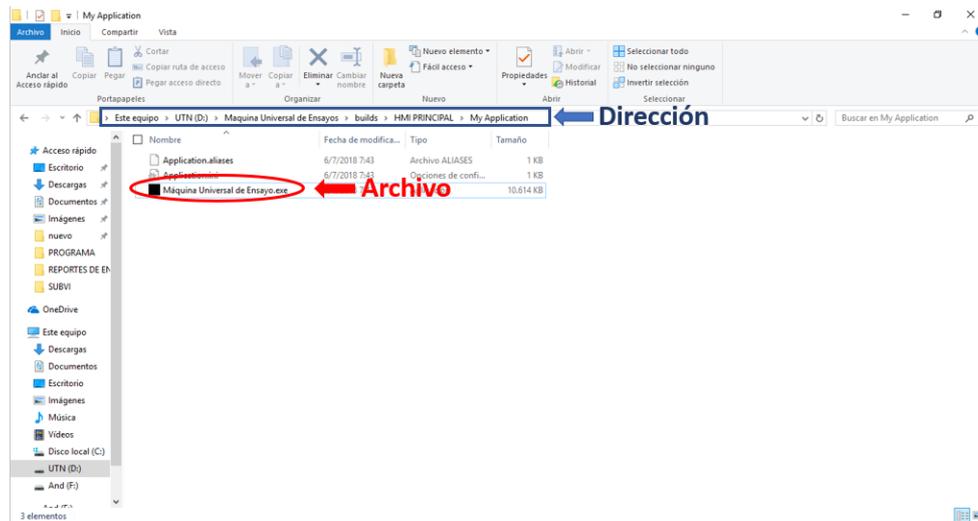


Figura 89: Ubicación del ejecutable creado

Fuente: (National Instruments, 2017)

El nombre del archivo puede ser editado sin ningún problema, y si alguno de los VI es modificado recuerde que de crear un nuevo ejecutable.

ANEXO 6: Creación del VI “SALTO”

Este VI permite ir de un VI a otro el cual facilitó a la comunicación entre VIs, y por ende a la realización del HMI de la Máquina Universal de Ensayos.

En las siguientes figuras se puede determinar el panel frontal y el diagrama de bloques que se usaron para la creación.

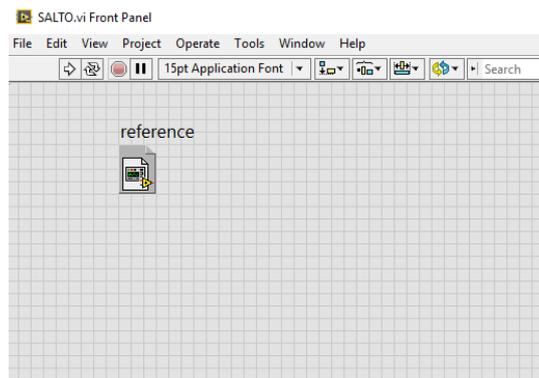


Figura 90: Panel frontal del VI SALTO

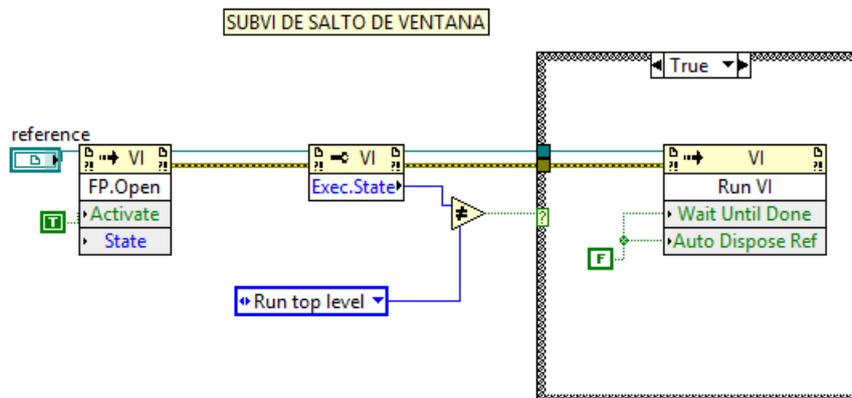


Figura 91: Diagrama de bloques del VI SALTO

Este VI se usó para todos los VIs que el programa requirió para la comunicación y continuar con el programa, así como para dirigir al inicio y poder realizar un nuevo ensayo o averiguar datos sobre la máquina.

ANEXO 7-A: Informe elaborado por el LABORATORIO IGR

**ANEXO 7-B: Informe realizado por los laboratorios de la Universidad
Católica del Ecuador.**