



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

“ESTUDIO DE UN MÉTODO EXPERIMENTAL EN LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN CELOSÍAS SIMPLES PARA SU COMPARACIÓN EN MÉTODOS ANÁLITICOS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”

AUTOR: Darío Santiago Ibarra Patiño

TUTOR: Ing. Mg. Gonzalo López

AMBATO – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de TUTOR del trabajo de Investigación sobre el tema: “ESTUDIO DE UN MÉTODO EXPERIMENTAL EN LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN CELOSÍAS SIMPLES PARA SU COMPARACIÓN EN MÉTODOS ANALÍTICOS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, desarrollado por el señor Darío Santiago Ibarra Patiño, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Noviembre 2015

.....
Ing. Mg. Gonzalo López
DOCENTE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORÍA DE TRABAJO

Declaro que el contenido del trabajo investigativo “ESTUDIO DE UN MÉTODO EXPERIMENTAL EN LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN CELOSÍAS SIMPLES PARA SU COMPARACIÓN EN MÉTODOS ANALÍTICOS EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO”, así como sus ideas, opiniones, resultados, análisis, conclusiones y propuesta son auténticos y de responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, Noviembre 2015

.....
Egdo. Darío Santiago Ibarra Patiño

C.I: 1804232161

DEDICATORIA

*Esta tesis se la quiero dedicar a Dios
por ser el pilar principal en mi vida, por brindarme
sabiduría y fortaleza para llevar a cabo todas mis metas y objetivos.*

*A mis padres, en especial a mi mamita Tela que con su esfuerzo,
lucha y sacrificio supo sacarme adelante pese a la adversidad.*

*A mi linda hija Dayra Aylín quien es la razón principal,
por la cual veo la luz de un nuevo día, que me llena de felicidad
e infunde en mí la esperanza para superarlo todo.*

*A mi hermana Taty por apoyarme fervientemente
en cada paso que he venido dando en mi vida.*

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios padre todopoderoso por guiarme e iluminarme por el camino correcto.

A mis padres Manuel y Esthela por el apoyo incondicional que me brindaron durante el difícil trayecto de mi carrera.

Gracias a todos quienes formaron parte de esta meta, por su apoyo sus buenas vibras, su confianza. Gracias por creer en mí.

Mi gratitud a los maestros de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme formado no solo como un profesional, sino también como un ser humano con valores y principios. La vida continúa y vamos por más....

Páginas preliminares

Portada.....	I
Aprobación del tutor.....	II
Autoría de la tesis.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimiento.....	V
Resumen Ejecutivo.....	XV

Índice general de contenido

CAPÍTULO I.....	1
1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1 Contextualización.....	1
1.2.2 Análisis crítico.....	2
1.2.3 Prognosis.....	2
1.2.4 Formulación del problema.....	3
1.2.5 Preguntas directrices.....	3
1.2.6 Delimitación del objetivo de investigación.....	3
1.2.6.1 De contenido.....	3
1.2.6.2 Espacial.....	3
1.2.6.3 Temporal.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	7
2.3.1 Vigas compuestas.....	9
2.3.2 Determinación de esfuerzos en celosías.....	11

2.3.2.1	Método de ritter o secciones.	12
2.3.2.2	Método de los nudos	13
2.3.2.3	Equipo para la determinación de esfuerzos en celosías simples	14
2.3.2.4	Esfuerzo y deformación	15
2.4	Hipótesis.....	20
2.5.1	Variable independiente.....	20
2.5.2	Variable dependiente.....	20
CAPÍTULO III.....		21
METODOLOGÍA		21
3.1	ENFOQUE	21
3.2	MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.2.2	Experimental	22
3.3	Nivel o tipo de investigación	22
3.3.1	Exploratorio.....	22
3.3.2	Descriptiva	22
3.3.3	Asociación de variables.....	22
3.4	Población y muestra.....	23
3.5	Operacionalización de las variables.....	23
3.5.1	Variable independiente.....	23
3.5.2	Variable dependiente.....	24
3.6	Técnicas e instrumentos	25
3.6.1	Observación directa.....	25
3.7	Recolección de la información.....	25
3.8	Procesamiento y análisis	25
3.8.1	Plan de procesamiento	25
CAPITULO IV.....		27
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		27
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	27
4.1.1	Medición de la deformación.....	27
4.1.1.1	Modelo a - medidores de deformación mecánicos:.....	28
4.1.1.2	Modelo b - medidores de deformación por rayo láser:	28

4.1.1.3	Modelo c - medidores de deformación sensores infrarrojos:	29
4.1.1.4	Modelo d - medidores de deformación ópticos:.....	29
4.1.1.5	Selección del sistema de medidores de deformación.....	30
4.1.1.6	Esfuerzos producidos en celosías simples mediante métodos analíticos.	37
4.1.1.7	Método de ritter.....	38
4.1.1.8	Método de los nudos	42
4.1.1.9	Configuración de celosía a 45° - 90° - 45°.	48
4.1.10	Configuración de celosía a 60° - 60° - 60°.	49
4.1.11	Comparación mediante software para la configuración de celosía a 45° - 90° - 45°	51
4.1.12	Comparación mediante software para la configuración de celosía a 60° - 60° - 60°	53
4.2	Esfuerzos producidos en celosías simples mediante análisis experimental.	55
4.2.1	Ensayo experimental n.- 01	55
4.2.2	Ensayo experimental n.- 02.....	56
4.2.3	Ensayo experimental n.- 03.....	57
4.2.4	Ensayo experimental n.- 04.....	58
4.2.5	Ensayo experimental n.- 05.....	59
4.2.6	Ensayo experimental n.- 06.....	60
4.2.7	Ensayo experimental n.- 07.....	61
4.2.8	Ensayo experimental n.- 08.....	62
4.2.9	Cálculo de la resistencia máxima del material a tensión y compresión.	63
4.3	Interfaz entre el usuario y la computadora, que facilite la obtención y procesamiento de datos en un ensayo de esfuerzos.	64
4.3.1	Diseño del circuito.	65
4.3.2	Adquisición de datos.....	65
4.3.3	Reconocimiento de la tarjeta en el equipo.	66
4.3.4	Verificación de la tarjeta.	69
4.3.5	Uso de la tarjeta de adquisición de datos mediante labview	69
4.3.6	Acondicionamiento de señal en labview.....	74
4.3.7	Interpretación de ecuaciones sustentadas.....	75

4.3.8	Visualización del diagrama esfuerzo – deformación	76
4.3.9	Control automático activación y desactivación de las sensor.	76
4.4	Medición del peso en función del voltaje.	77
4.5	Cálculo de error entre esfuerzos experimental y teórico.....	81
4.6	Verificación de la hipótesis.....	82
CAPITULO V		83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		83
5.1	CONCLUSIONES	83
5.2	RECOMENDACIONES.....	84
CAPITULO VI.....		86
6	PROPUESTA.....	86
6.1	DATOS INFORMATIVOS	86
6.2	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	87
6.3	Justificación.....	87
6.4	Objetivos	87
6.4.1	Objetivo general.....	87
6.4.2	Objetivos específicos	88
6.5	Análisis de factibilidad.....	88
6.5.1	Tecnológico-económico.....	88
6.5.2	Ambiental.....	88
6.6	Fundamentación	89
6.6.1	Características del material que conforma el banco de pruebas	89
6.6.2	Costo del banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples	89
6.6.3	Mantenimiento	90
6.6.4.1	Sistema eléctrico	90
6.6.4.2	Sistema de control automático	90
6.7	Metodología	91
6.7.1	Base.....	91
6.7.2	Eje guiador	91
6.7.3	Barras	92
6.7.4	Discos nodales.....	93

6.7.5	Guía práctica para ensayos en celosías	94
6.8	Administración	102
6.8.1	Costos directos	102
6.8.1.1	Costos de materiales.....	102
6.8.2	Costos indirectos	104
6.8.3	Costo total de la inversión.....	105
6.8.4	Financiamiento.....	105
6.8.5	Previsión de la evaluación.....	106
6.9	Bibliografía	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Red de categorías fundamentales.	9
Figura 2.2: Viga reticulada en celosía simple	10
Figura 2.3: Vigas.....	11
Figura 2.4: Esfuerzos sobre un nudo aislado	11
Figura 2.5: Método de ritter	12
Figura 2.6: Método de los nudos.....	13
Figura 2.7: Equipo para la determinación de esfuerzos en celosías simples	14
Figura 2.8: Diagrama esfuerzo – deformación unitaria	18
Figura 4.1: Reloj comparador.	28
Figura 4.2: Extensómetro por rayo láser.....	28
Figura 4.3: Sensor infrarrojo.....	29
Figura 4.4: Extensómetro óptico.....	29
Figura 4.5: Diagrama de cuerpo libre de celosía para la configuración 60°-60°-60°. 38	
Figura 4.6: Diagrama de cuerpo libre de la celosía para el método de los nodos.....	42
Figura 4.7: Diagrama de esfuerzos	47
Figura 4.8: Esquema de la celosía para una carga de 3,20 kg.....	51
Figura 4.9: Esquema de la celosía para una carga de 6,40 kg.....	52
Figura 4.10: Esquema de la celosía para una carga de 9,60 kg.....	52
Figura 4.11: Esquema de la celosía para una carga de 12,80 kg.....	53
Figura 4.12: Esquema de la celosía para una carga de 3,20 kg.....	53
Figura 4.13: Esquema de la celosía para una carga de 6,40 kg.....	54
Figura 4.14: Esquema de la celosía para una carga de 9,60 kg.....	54
Figura 4.15: Esquema de la celosía para una carga de 12,80 kg.....	55
Figura 4.16: Diagrama de bloques del circuito.	65
Figura 4.17: Selección de dispositivo.	67
Figura 4.18: Selección de la tarjeta de adquisición de datos.	67
Figura 4.19: Lista de dispositivos activos en el equipo.	68
Figura 4.20: Datos de la tarjeta de adquisición de datos.....	68
Figura 4.21: Verificación de la tarjeta.	69

Figura 4.22: Utilización del daq assistant.	70
Figura 4.23: Ventana de daq assistant.....	70
Figura 4.24: Selección del canal físico de medición.....	71
Figura 4.25: Parámetros para calibrar el puente	71
Figura 4.26: Adición de un nuevo canal de medición.....	73
Figura 4.27: Selección de la entrada de medición.	74
Figura 4.28: Secuencia de proceso programación	74
Figura 4.29: Acondicionamiento de señal en labview	75
Figura 4.30: Interpretación de ecuaciones sustentadas	75
Figura 4.31: Interpretación de ecuaciones sustentadas	76
Figura 4.32: Activación y desactivación sensor.....	77
Figura 4.33: Distancia vs voltaje sección ab.....	78
Figura 4.34: Distancia vs voltaje sección bc.....	79
Figura 4.35: Distancia vs voltaje sección ac	80
Figura 6.1: Base	91
Figura 6.2: Eje guiador y bocín deslizante.....	92
Figura 6.3: Barras, sensor infrarrojo y reloj comparador.....	92
Figura 6.4: Disco nodal.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente.	23
Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente.....	24
Tabla 4.1: Valores asignados para la tabulación de ponderaciones.....	30
Tabla 4.2: Evaluación del costo de cada criterio.....	32
Tabla 4.3: Evaluación de la precisión del instrumento de cada criterio.....	33
Tabla 4.4: Evaluación del tamaño y forma del material de cada criterio.....	34
Tabla 4.5: Evaluación del rango de medida de cada criterio	35
Tabla 4.6: Evaluación de condiciones de funcionamiento de cada criterio	36
Tabla 4.7: Resultado de la ponderación	37
Tabla 4.8: Fuerzas calculadas en cada barra.	48
Tabla 4.9: Esfuerzos calculados para cada barra.	48
Tabla 4.10: Deformaciones calculadas para cada barra.	49
Tabla 4.11: Fuerzas calculadas en cada barra.	49
Tabla 4.12: Esfuerzos calculados para cada barra.	49
Tabla 4.13: Deformaciones calculadas para cada barra.	50
Tabla 4.14: Ensayo experimental n.- 1; p = 3.2 kg	56
Tabla 4.15: Ensayo experimental n.- 2; p = 6.4 kg	57
Tabla 4.16: Ensayo experimental n.- 3; p = 9.6 kg	58
Tabla 4.17: Ensayo experimental n.- 4; p= 12.8 kg	59
Tabla 4.18: Ensayo experimental n.- 5; p = 3,2 kg	60
Tabla 4.19: Ensayo experimental n.- 6; p= 6,4 kg	61
Tabla 4.20: Ensayo experimental n.- 7; p= 9,6 kg	62
Tabla 4.21: Ensayo experimental n.- 8; p= 12,8 kg	63
Tabla 4.22: Distancia en función en voltaje de la sección ab	78
Tabla 4.23: Distancia en función en voltaje de la sección bc	79
Tabla 4.24: Distancia en función en voltaje de la sección ac	80
Tabla 4.25: Error de valores calculados y experimentales de la sección ab	81
Tabla 4.26: Error de valores calculados y experimentales de la sección bc	81
Tabla 4.27: Error de valores calculados y experimentales de la sección ac	82

Tabla 6.1: Costo de materiales mecánicos	102
Tabla 6.2: Costo de materiales eléctricos.....	103
Tabla 6.3: Costo por mano de obra.	104
Tabla 6.4: Costo máquina herramienta.	104
Tabla 6.5: Costos varios.....	104
Tabla 6.6: Costo total.....	105

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación “Estudio de un método experimental en la determinación de esfuerzos en celosías simples para su comparación en métodos analíticos en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”, nace a partir de la necesidad de implementar un banco de pruebas para determinar esfuerzos en celosías que sirva de enseñanza práctica a los estudiantes que cursan materias relacionadas con el tema.

Se desarrolló un estudio preliminar para hallar el método de construcción más adecuado para el sistema planteado, juntamente con el sistema de control y adquisición de datos que permita visualizar de manera más cómoda los resultados de las pruebas en el banco de ensayos. Para proceder a la construcción del mismo, se realiza un método de ponderación, dándole características importantes y así seleccionar la mejor opción.

Luego se procedió a la construcción de la misma, con las pruebas del sistema de control, adaptación, y adquisición de datos. Para así de esta manera realizar pruebas de funcionamiento y proceder a la demostración de la hipótesis. La cual se basó en el análisis matemático del sistema mecánico y compararlo con los datos arrojados por el software realizado para el hecho.

La variación promedio de la diferencia de resultados fue menor al 1% de error, con lo cual se comprobó la funcionalidad y viabilidad del proyecto técnico, para la elaboración de la Guía Práctica de Laboratorio que se entrega a la Facultad.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA

“Estudio de un método experimental en la determinación de esfuerzos en celosías simples para su comparación en métodos analíticos en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

En el Ecuador el diseño estructural se encuentra muy avanzado, uno de los elementos de mayor importancia son las celosías simples que son utilizadas ampliamente para el diseño de vigas y columnas principalmente; en la actualidad el diseño de celosías simples se lo hace mayormente por el método analítico o computarizado, dejando así de lado al método experimental.

En la provincia de Tungurahua al igual que en el resto del país no existe un laboratorio donde se pueda estudiar o diseñar elementos compuestos por celosías simples lo cual ha limitado esta clase de estudios restando la oportunidad de tener un método de cierta manera más “tangible”. En la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se encuentran los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica, a pesar de que estos son muy completos y equipados no cuenta con un sistema que permita realizar un estudio de las celosías simples.

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

Para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el desconocimiento de técnicas experimentales en la determinación de esfuerzos en celosías simples conlleva a que tengan una baja competitividad profesional frente a profesionales que han tenido una mejor relación experimental.

La inexistencia de un método experimental para la determinación de esfuerzos en celosías simples en el laboratorio de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica dificulta el aprendizaje a los estudiantes que se limitan al estudio analítico simplemente.

El cometimiento de errores al momento de aplicar métodos analíticos en el cálculo de esfuerzos en celosías simples repercute en malos diseños, que conllevan a elevar costos de materia prima o fallas de operación.

1.2.3 PROGNÓISIS

De no realizarse el presente estudio los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato no contarán con un laboratorio mejor equipado que pueda brindar la oportunidad de ampliar sus conocimientos en lo referente a la materia de estructuras metálicas, esto repercute en la competitividad de los mismos una vez que se encuentren en el campo laboral lo cual les restará oportunidades laborales, o a su vez les impedirá desenvolverse profesionalmente con mayor facilidad.

Además de no realizarse el presente estudio se estaría restando la posibilidad de desarrollo del sector de las estructuras metálicas dentro de la provincia quitando la oportunidad de ofertar productos de mejor calidad, se estaría impidiendo obtener diseños más eficientes en los cuales no se sobredimensione los elementos

estructurales evitando gastos innecesarios en materia prima y disminuyendo el peso sobre todo de vigas en estructuras metálicas.

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Con el estudio de un método experimental en la determinación de esfuerzos en celosías simples se puede determinar la comparación de métodos analíticos en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Cómo determinar los esfuerzos producidos en celosías mediante análisis experimental?
- ¿Cuáles son los métodos analíticos para determinar esfuerzos producidos en celosías?
- ¿Cómo se puede adquirir datos en un ensayo de esfuerzos mediante una interfaz entre el usuario y el computador?

1.2.6 DELIMITACIÓN DEL OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

1.2.6.1 DE CONTENIDO

El presente estudio está enmarcado dentro del campo de la Ingeniería Mecánica, estrictamente dentro de los campos de diseño de Estructuras Metálicas y Sistemas de Control y Medición I y II.

1.2.6.2 ESPACIAL

El presente estudio se llevará a cabo en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3 TEMPORAL

El presente estudio se llevó a cabo desde el mes de marzo del 2015 hasta el mes de noviembre del 2015.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se ha realizado fundamentalmente con la intención de brindar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica un método experimental para la determinación de esfuerzos en celosías simples, para que mediante este puedan desarrollar sus habilidades al comparar este método con el analítico y así lleguen a obtener una visión más completa del tema. Otro de los aspectos que justifican el desarrollo del presente tema es que éste dará la pauta para futuras investigaciones en torno al estudio de celosías para estructuras metálicas.

Todo profesional en cualquiera que sea su área está sujeto a mantenerse actualizado en cuanto refiere a temas tecnológicos, es así que el presente tema cumple con este propósito brindando a los estudiantes la oportunidad de estar a la par con profesionales de otras universidades o politécnicas del país, o incluso con profesionales de países vecinos.

En lo referente al desarrollo del sector el presente tema cumple con las expectativas de crecimiento que demanda la sociedad actual ya que uno de los efectos directos es el mejoramiento de la calidad al obtener diseños estructurales más eficientes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de un método experimental en la determinación de esfuerzos en celosías simples para su comparación de métodos analíticos en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los esfuerzos producidos en celosías simples mediante análisis experimental.
- Determinar los esfuerzos producidos en celosías simples mediante métodos analíticos.
- Diseñar una interfaz entre el usuario y la computadora, que facilite la obtención y procesamiento de datos en un ensayo de esfuerzos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica no se encontró trabajos relacionados con el tema de investigación, sin embargo mediante investigación bibliográfica a través del internet se encontraron los siguientes trabajos:

Tema: “Diseño estructural de pórtico metálico para nave industrial con puente grúa”.

Autores: Altamirano Altamirano Wilson John y Aragón Arcentales Juan Gabriel.

Institución: Facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal de Cuenca.

Conclusiones:

- Mediante el análisis y diseño LRFD, se obtuvieron las dimensiones óptimas de todos los elementos que conforman la nave, utilizando así únicamente el acero necesario y por consiguiente logrando que la estructura sea económica y resistente a todas las cargas que actúan en la misma.
- Cada miembro estructural esta analizado y diseñado independientemente bajo consideraciones particulares para cada uno, tanto de carga como de diseño.

Tema: “Diseño de una torre de transmisión eléctrica auto soportada para una línea de 69 KV”.

Autor: Marcelo Leonardo Semblantes Vélez.

Institución: Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional.

Conclusiones:

- El diseño de las juntas se lo debe realizar con mucho cuidado y siempre basado en las normas aplicables como la AISC 360-05 para garantizar la seguridad de la estructura.
- Concebir la distribución y configuración de los elementos de la estructura de manera sencilla para facilitar la producción y sobre todo el montaje de la obra.

Tema: “Sobre las formas de mínimo volumen de las celosías de sección constante”

Autor: Valentín Quintas Ripoll.

Institución: E.T.S. Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, España.

- La obtención de las formas de mínimo volumen sin tener en cuenta el pandeo, en celosías de sección constante, es factible por optimización directa, aun en casos más complicados que los que en vigas continuas, voladizos, etc.
- La sencillez en el diseño de los triángulos, no implica una disminución del volumen total. En cualquier caso las diferencias de volumen entre un tipo y otro de triángulo no son lo suficiente importantes como para que, en determinados casos, otros factores como la longitud de pandeo de las barras, o el coste de los nudos, no tengan más influencia en la elección del tipo.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

El presente estudio se fundamentará en el paradigma crítico propositivo, puesto que este paradigma permite ser flexible en cuanto compete al diseño del equipo para los ensayos, además brinda la oportunidad de escoger de un amplio campo de tipos de

investigación y diferentes técnicas que facilitan el desarrollo del presente estudio y brindan la confianza de que este sea desarrollado de manera correcta.

El presente paradigma permite una correcta interpretación y comprensión de las variables a estudiar facilitando el correlacionarlas de mejor manera, lo cual a su vez permite una fácil y clara interpretación de los resultados del estudio. Este paradigma también permite plantear una serie de posibles soluciones al problema.

Otro aspecto importante es el beneficio que se obtuvo de este estudio, este paradigma hace que todas las partes involucradas en el estudio se vean beneficiadas, resultando así beneficiados tanto el autor del presente trabajo como los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica que utilizarán los laboratorios para mejorar sus habilidades en el campo de estructuras metálicas.

2.3 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.

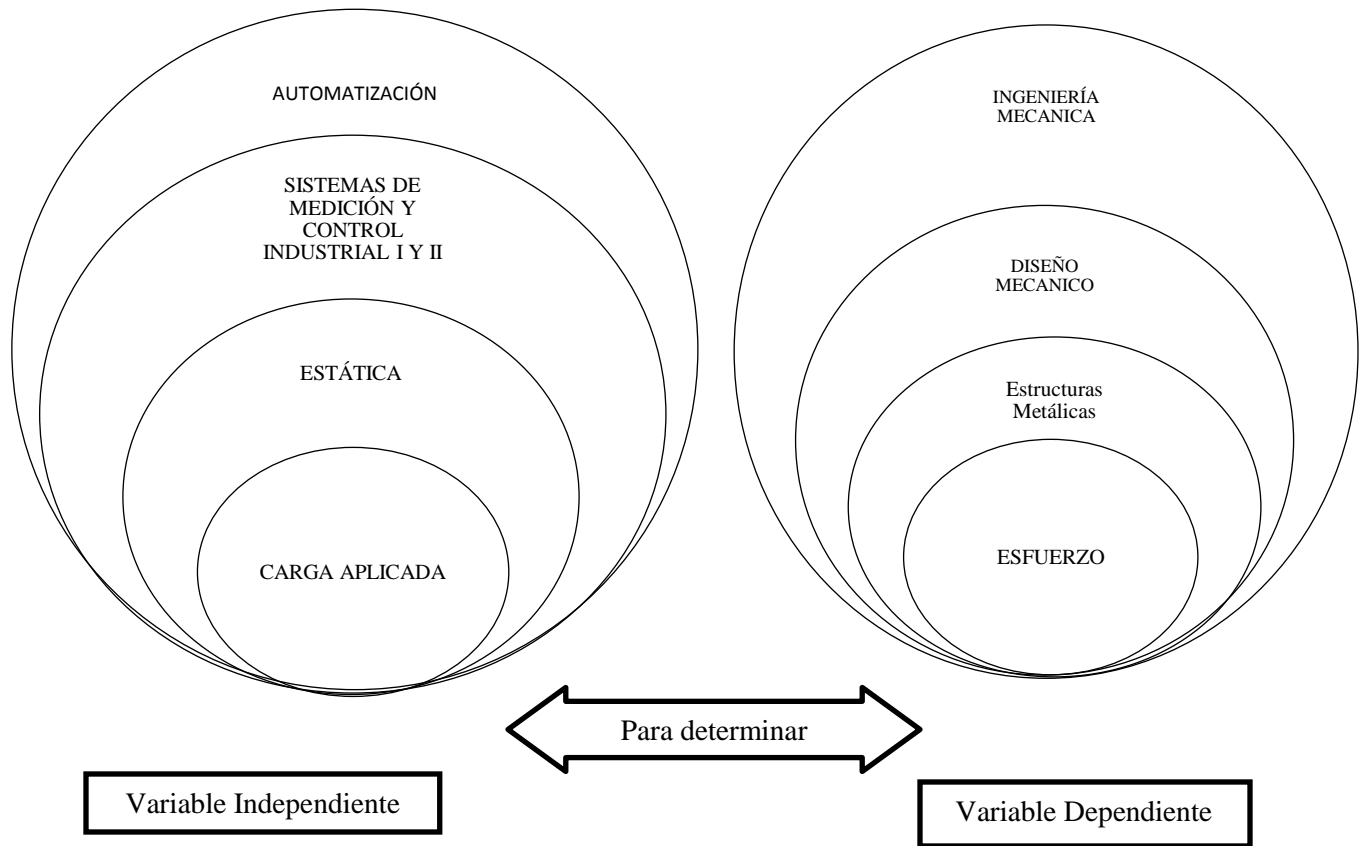


Figura 2. 1. Red de categorías fundamentales.

Fuente: Autor

2.3.1 VIGAS COMPUESTAS.

Cuando en el diseño de una estructura es necesario utilizar vigas con luces considerables, es decir con cantos de 10 a 15 metros o más, es mejor utilizar vigas reticuladas con celosía que vigas de alma llena como la que se muestra en la siguiente figura.

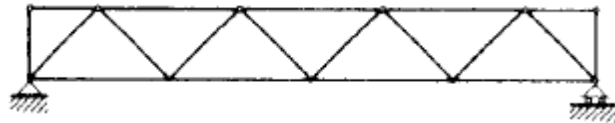
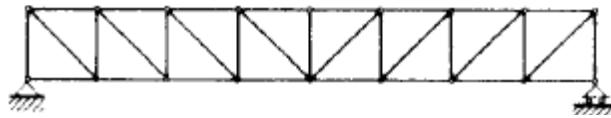


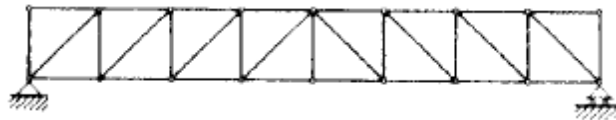
Figura 2.2: Viga reticulada en celosía simple

Fuente: (Bernal, 2005)

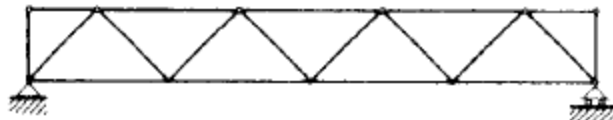
Una viga en celosía debe ser fundamentalmente indeformable, para conseguir esto los elementos que conforman la celosía se disponen en forma triangular. Estas vigas suelen diseñarse con nudos articulados, en las siguientes figuras se muestran algunos ejemplos de este tipo de vigas:



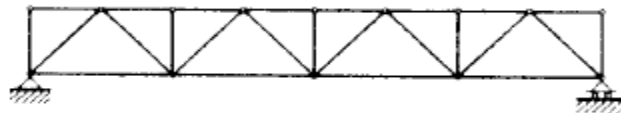
a) Viga Pratt



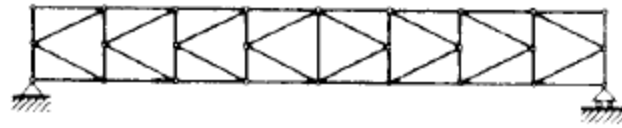
b) Viga Howe



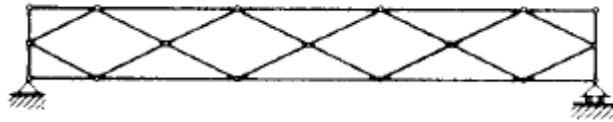
c) Viga Warren



d) Viga Warren con montantes intercalados



e) Viga en K



f) Viga en Rombo

Figura 2.3: Vigas

Fuente: (Bernal, 2005)

2.3.2 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN CELOSÍAS.

De acuerdo con Buenaventura Musté (1996), las barras que conforman este tipo de celosías están sometidas a esfuerzos simples de tracción y compresión, el principio para el cálculo de esfuerzos se basa en establecer que cada nudo está en equilibrio bajo la acción de cargas (P) y reacciones en las barras (F) como se muestra en la Figura 2.4.

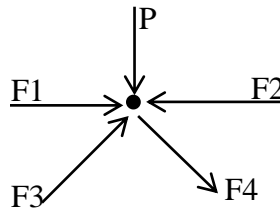


Figura 2.4: Esfuerzos sobre un nudo aislado

Fuente: (Buenaventura, 1996)

Para el estudio de este tipo de sistemas existen dos métodos de cálculo, el método analítico de RITTER y el método de los NUDOS.

Mientras que para la determinación de esfuerzos de forma experimental se utilizara el equipo denominado “Equipo para la determinación de esfuerzos en celosías simples”.

2.3.2.1 MÉTODO DE RITTER O SECCIONES.

Según Mariano Rodríguez (2013), este método es utilizado cuando se desea determinar los esfuerzos de algunas de las barras que conforman la armadura.

A continuación se desarrolla un ejemplo para explicar el método:

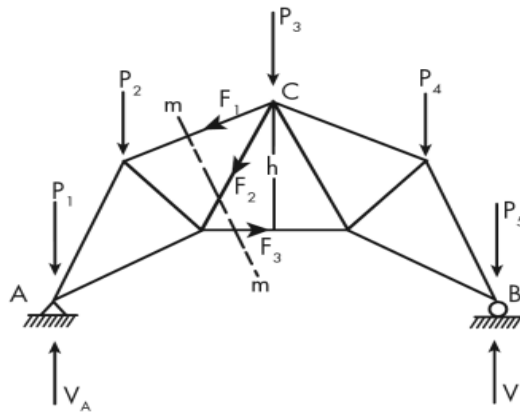


Figura 2.5: Método de Ritter

Fuente: (Rodríguez, 2013)

El primer paso es realizar un corte imaginario en la barra que se desea determinar el esfuerzo, este corte imaginario debe afectar a otras dos que pasen por un nudo. Lo siguiente es determinar el momento respecto al nudo por donde pasan las otras dos barras, este momento se lo determina con las fuerzas del lado del corte. Y entonces resulta fácil determinar el valor del esfuerzo en la barra deseada, así:

$$M_C - F_3 \cdot h = 0$$

Ec. [2.1]

$$F_3 = \frac{M_C}{h}$$

M_C es el momento calculado en base a las fuerzas exteriores V_A , P_1 y P_2 . Las fuerzas F_1 y F_2 pasan por C por lo que no generan momento.

Un aspecto que hay que tomar en cuenta sobre este método es que es inoperable cuando dos de las tres barras son paralelas y se desea determinar el esfuerzo en la tercera.

2.3.2.2 MÉTODO DE LOS NUDOS

J. L. Meriam (1999) explica que en este método se toma cada nudo como si fuera un cuerpo libre en equilibrio y se aplican las respectivas condiciones para el cálculo, se debe tomar los nudos en orden de manera que en ninguno se tenga más de dos fuerzas de magnitud y sentido desconocido pero si la dirección, de este modo se puede ir determinando los valores de los esfuerzos en las barras. Lo mejor es empezar por los nudos en donde se tiene alguna información.

En el Figura 2.6 se muestra una armadura donde los esfuerzos actúan en las diferentes barras que la conforman.

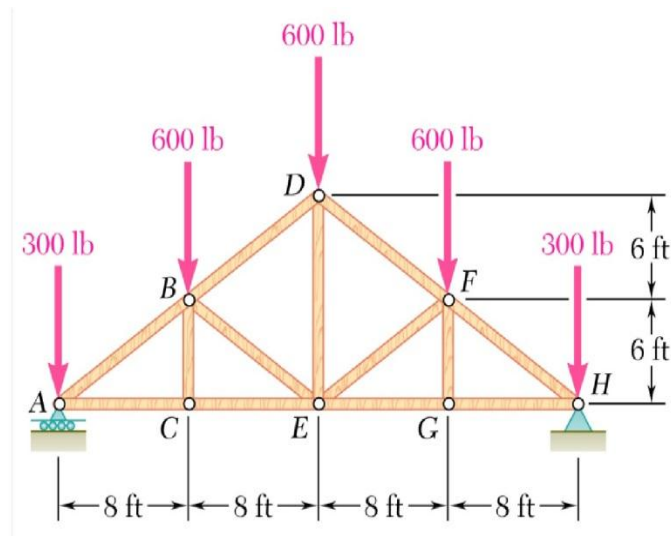


Figura 2.6: Método de los nudos

Fuente: (Meriam, 1999)

2.3.2.3 EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN CELOSÍAS SIMPLES

Este equipo representa a una celosía simple ideal en el plano, las cargas se aplican solamente en los nudos y las barras estarán sometidas únicamente a tracción y a compresión.



Figura 2.7: Equipo para la determinación de esfuerzos en celosías simples

Fuente: (Gunt, 1998)

Según (Gunt, 1998), este equipo está constituido de tres barras, una de ellas de longitud variable para poder variar los ángulos del triángulo que conforma la celosía, las barras se conectan entre sí por medio de discos nodales, dos de los discos nodales forman parte de los apoyos de la estructura, uno de ellos constituye el apoyo fijo y el otro el apoyo móvil.

La carga de trabajo se aplica en el nudo superior mediante pesas graduadas, para determinar el valor de los esfuerzos en las barras el equipo cuenta con relojes de comparación ubicados en el centro de las barras.

El funcionamiento de este equipo se lo puede comprobar mediante los métodos analíticos: de los nudos, y de Ritter o secciones.

2.3.2.4 ESFUERZO Y DEFORMACIÓN

•Esfuerzo Máximo

Las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material por lo que se distribuyen en toda el área; justamente se denomina esfuerzo a la fuerza por unidad de área, la cual se denota con la letra griega sigma (σ) y es un parámetro que permite comparar la resistencia de dos materiales, ya que establece una base común de referencia.

$$\sigma \text{ max} = \frac{F}{A}$$

Ec. [2.2]

Donde:

$F = \text{Fuerza}$

$A = \text{Área}$

Según (Budynas, 2008), destaca que la fuerza empleada en la ecuación 2.2 debe ser perpendicular al área analizada y aplicada en el centroide del área para así tener un valor de σ constante que se distribuye uniformemente en el área aplicada.

La ecuación. 2.2 no es válida para los otros tipos de fuerzas internas; existe otro tipo de ecuación que determine el esfuerzo para las otras fuerzas, ya que los esfuerzos se distribuyen de otra forma.

•Deformación

Se define como el cambio de forma de un cuerpo, el cual se debe al esfuerzo, al cambio térmico, al cambio de humedad o a otras causas. En conjunción con el esfuerzo directo, la deformación se supone como un cambio lineal y se mide en unidades de longitud.

La resistencia del material no es el único parámetro que debe utilizarse al diseñar o analizar una estructura; controlar las deformaciones para que la estructura cumpla con el propósito para el cual se diseñó tiene la misma o mayor importancia.

El análisis de las deformaciones se relaciona con los cambios en la forma de la estructura que generan las cargas aplicadas.

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

Ec. [2.3]

Dónde:

ε : *Deformación unitaria*

δ : *Deformación total*

L : *Longitud*

- **Diagrama esfuerzo – deformación.**

El diseño de elementos estructurales implica determinar la resistencia y rigidez del material estructural, estas propiedades se pueden relacionar si se evalúa una barra sometida a una fuerza axial para la cual se registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido.

Estos valores permiten determinar el esfuerzo y la deformación que al graficar originan el denominado diagrama de esfuerzo y deformación.

Los diagramas son similares si se trata del mismo material y de manera general permite agrupar los materiales dentro de dos categorías con propiedades afines que se denominan materiales dúctiles y materiales frágiles.

Los diagramas de materiales dúctiles se caracterizan por ser capaces de resistir grandes deformaciones antes de la rotura, mientras que los frágiles presentan un alargamiento bajo cuando llegan al punto de rotura.

- **Elementos de diagrama esfuerzo – deformación**

En un diagrama se observa un tramo recta inicial hasta un punto denominado límite de proporcionalidad. Este límite tiene gran importancia para la teoría de los sólidos elásticos, ya que esta se basa en el citado límite. Este límite es el superior para un esfuerzo admisible.

Los puntos importantes del diagrama de esfuerzo deformación son:

- Límite de proporcionalidad: hasta este punto la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal.
- Límite de elasticidad: más allá de este límite el material no recupera su forma original al ser descargado, quedando con una deformación permanente.
- Punto de cedencia: aparece en el diagrama un considerable alargamiento o cedencia sin el correspondiente aumento de carga. Este fenómeno no se observa en los materiales frágiles.
- Esfuerzo último: máxima ordenada del diagrama esfuerzo – deformación.
- Punto de ruptura: cuanto el material falla.

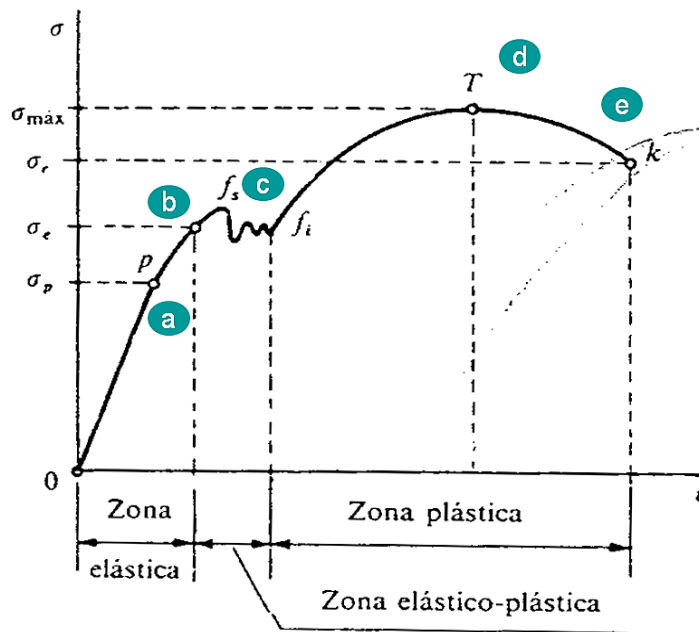


Figura 2.8: Diagrama Esfuerzo - Deformación unitaria

Fuente: (Singer y Pytel, 1982)

Dado que el límite de proporcionalidad, elasticidad y punto de cedencia están tan cerca se considera para la mayoría de los casos como el mismo punto.

De manera que el material al llegar a la cedencia deja de tener un comportamiento elástico y la relación lineal entre el esfuerzo y la deformación deja de existir.

- **Ley de Hooke**

En el diagrama esfuerzo – deformación, la línea recta indica que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo en el tramo elástico, este principio conocido como la ley de Hooke (véase Ecuación 2.4).

Asimismo, la proporción representada por la pendiente de la recta, es constante para cada material y se llama módulo de elasticidad (E), valor que representa la rigidez de un material.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Ec. [2.4]

Desarrollando la Ecuación 2.4, podemos inferir la expresión de alargamiento indicada en la Ecuación 2.5.

$$\delta = \frac{P \times L}{A \times E}$$

Ec. [2.5]

Donde:

P = Fuerza

L = Longitud

A = Área

E = Modulo de Elasticidad.

- **Seguridad**

El diseño de estructuras implica obtener dimensiones de elementos que sean tanto económicos como seguros durante la vida de la estructura.

Para ello se emplea el término estado límite el cual según las nuevas especificaciones puede estar relacionado con la pérdida de la capacidad de carga o con el deterioro gradual que hace que la estructura no cumpla con la función asignada o con la fatiga del material.

El recubrimiento de la estructura debe pensarse en su desempeño conjunto con el medio ambiente que afecta directamente al estado inicial del material así como el alargamiento de su vida.

2.4 HIPÓTESIS

Los esfuerzos determinados en celosías mediante el método experimental serán similares a los esfuerzos determinados por métodos analíticos para su comparación de error; en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Carga aplicada.

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Esfuerzos en celosías simples.

2.5.3 Término de relación

Permitirá.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

El enfoque de este estudio será cuantitativo y cualitativo, cuantitativo porque la información recolectada serán los valores de esfuerzo determinados tanto por el método analítico y por los ensayos de laboratorio, los cuales serán correlacionados para llegar a obtener resultados que permitan cumplir con el objetivo principal del estudio que es la determinación de esfuerzos en celosías simples.

Será de carácter cualitativo debido al tipo de celosía que se estudiará, la configuración de esta celosía dará la pauta para el diseño del equipo de laboratorio, además se debe tomar en cuenta que esta configuración permite variar sus parámetros en cuanto a la longitud de las barras y ángulos del triángulo de celosía.

3.2 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN

En el presente estudio se utilizarán las siguientes modalidades básicas de investigación:

3.2.1 BIBLIOGRÁFICA

Esta modalidad de investigación permitirá obtener la información necesaria en cuanto refiere al método analítico que se utilizara para la determinación de esfuerzos en celosías simples, así como permitirá obtener la información para la determinación del error que se comete entre el método analítico y experimental.

3.2.2 EXPERIMENTAL

Esta modalidad de investigación permitirá obtener los valores de esfuerzo en celosías simples mediante un proceso de laboratorio, información que será tabulada para luego ser procesada.

3.3 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el presente estudio se utilizarán los siguientes tipos de investigación:

3.3.1 EXPLORATORIO

El presente trabajo pretende estudiar una técnica que ha revolucionado el diseño estructural a nivel mundial pero que muchas veces debido su elevado costo no se la puede obtener y por lo tanto no se ha difundido en nuestro país, por lo que es imprescindible la reducción de costos. La aplicación de esta técnica no tiene límites ya que se adapta a todas las configuraciones de celosías imaginables brindando resultados reales mediante un ensayo relativamente sencillo.

3.3.2 DESCRIPTIVA

Debido a que el presente estudio es en su mayor parte de laboratorio se debe describir claramente el proceso para realizar los ensayos para que los resultados obtenidos sean totalmente confiables y así evitar errores a la hora de comparar los métodos para la obtención de esfuerzos en celosías simples.

3.3.3 ASOCIACIÓN DE VARIABLES

Es fundamental asociar las variables en el presente estudio ya que con ello se consigue comparar el método experimental y analítico para llegar a obtener un valor como porcentaje del error que se comete al utilizar el método experimental frente al método de los nudos y Ritter.

3.4 Población y muestra

Debido a que el proyecto es netamente técnico no se dispone de ninguna población.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Carga aplicada.

Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es la determinación de los esfuerzos a los que se someten las barras que conforman una celosía simple, siendo estos analítico o experimental.	Celosías simples	Configuración de la celosía	¿Qué dimensiones debe tener el triángulo de celosía?	Investigación Bibliográfica Cuaderno de notas
	Método experimental	Carga	¿Cuáles son los ángulos a los que se debe disponer el triángulo de celosía?	Investigación Bibliográfica Cuaderno de notas
¿Cuál es el esfuerzo en las barras determinado con el método de los nudos?			Investigación Bibliográfica Registro específico	
		Valor de los esfuerzos	¿Cuál es el esfuerzo en las barras determinado con el equipo de laboratorio?	Ensayo de laboratorio Registro específico

Fuente: El autor

3.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Esfuerzos en celosías simples.

Tabla 3.2: Operacionalización de la variable dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Es un método de investigación científica que se basa en la experimentación y la lógica empírica.	Esfuerzos en cada uno de los elementos.	Método de los nudos.	¿Cuáles serían las fuerzas y reacciones que se producen en la celosía a diferentes estados de carga?	Investigación bibliográfica Registro específico
		Método de Ritter o Secciones.	¿Cuáles serían las fuerzas y reacciones que se producen en la celosía a diferentes estados de carga?	Investigación bibliográfica Registro específico

Fuente: El autor

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

En el presente trabajo se utilizarán técnicas bibliográficas y experimentales para la investigación y el estudio, las técnicas utilizadas para el estudio son las siguientes:

3.6.1 OBSERVACIÓN DIRECTA

En el presente trabajo ésta técnica se utilizará para recolectar los valores de esfuerzo que serán medidos mediante un proceso determinado de laboratorio en el equipo que será construido, este equipo será diseñado de manera que se pueda variar los parámetros de la celosía simple, parámetros como las longitudes de las barras, los ángulos comprendidos en el triángulo de celosía.

3.7 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el presente trabajo la información será recolectada en un registro específico para cada ensayo, registro en el cual constará información como las longitudes de las barras, los ángulos comprendidos en el triángulo de celosía, la carga aplicada y por supuesto los valores de esfuerzo en las barras tanto para el método experimental como para el método analítico.

3.8 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.8.1 PLAN DE PROCESAMIENTO

Para el procesamiento de la información se planificó lo siguiente:

- Revisión de la bibliografía del método de los nudos y el método de Ritter.
- Revisión de la bibliografía del equipo para la determinación de esfuerzos en celosías simples.
- Construcción del equipo.

- Determinación de los esfuerzos por el método de los nudos, de Ritter y por el método experimental.
- Análisis de resultados.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Dentro de los análisis, se ha realizado un estudio preliminar acerca de los sensores infrarrojos, el cual es una técnica experimental que permite relacionar los esfuerzos y deformaciones mediante la ley de Hooke basándose en la distancia reflejada.

4.1.1 Medición de la deformación

La medición de la deformación es muy importante para el diseño y rediseño de máquinas o componentes de éstas, a su vez permite analizar el esfuerzo real que están sometidos los elementos de una máquina.

Tipos de medidores de deformación. Existen diferentes tipos de medidores de deformación tales como: eléctricos, mecánicos, ópticos, rayo láser, entre otros.

El escogimiento del tipo de medidor dependerá de los siguientes factores:

- Rango de medida
- Precisión del instrumento
- Tamaño y forma del material
- Condiciones de funcionamiento
- Costo

4.1.1.1 Modelo A - Medidores de deformación mecánicos:

Entre los más conocidos tenemos reloj comparador, extensómetro a reloj micrométrico, y los accionados por palanca.



Figura 4.1. Reloj comparador

Fuente: Lasheras José María (1996)

4.1.1.2 Modelo B - Medidores de deformación por rayo láser:

Conocido también como extensómetro a simple espejo de Martens, registra los alargamientos de la probeta entre puntos fijos, por la reflexión de un rayo láser. Cuando el material tiende a deformarse un espejo gira en cierto ángulo, la luz del rayo se refleja sobre una regla graduada, en la misma que se mide la deformación.



Figura 4.2. Extensómetro por rayo láser.

Fuente: (Directindustry, 2015)

4.1.1.3 Modelo C - Medidores de deformación sensores infrarrojos:

Es un sensor óptico infrarrojo, contiene un emisor de radiación infrarroja fotodiodo y un receptor fototransistor. El fotodiodo emite un haz de radiación infrarroja, el fototransistor recibe ese haz de luz cuando se refleja sobre alguna superficie u objeto. Dependiendo de la cantidad de luz recibida por el fototransistor el dispositivo envía una señal de retorno a Arduino.



Figura 4.3. Sensor infrarrojo.

Fuente: (Tecnosefared, 2015)

4.1.1.4 Modelo D - Medidores de deformación ópticos:

Este tipo de medidores emplean haces luminosas para determinar la deformación, las cuales están libres de rozamiento y efectos de inercia. Se utiliza para elementos que requieren gran exactitud.



Figura 4.4. Extensómetro óptico.

Fuente: (Directindustry, 2015)

4.1.1.5 Selección del sistema de medidores de deformación.

Existe un método de ponderación para realizar correctamente la selección del sistema de medidores de deformación acorde al análisis de parámetros importantes del sistema.

Para seleccionar el modelo adecuado se ha tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

- **Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados**

Según Riba R. Carles (2002), este método ayuda a encontrar una posible solución en base a tablas, que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Los criterios seleccionados se confrontan entre ellos, para realizar las tablas se asignan la siguiente escala de valores.

Tabla 4.1: Valores asignados para la tabulación de ponderaciones.

Nivel	Detalle
1	Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas.
0,5	Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
0	Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

- **Características**

Para la evaluación se pondera de acuerdo a las características más representativas que engloba los sistemas de medición, entre ellos tenemos los siguientes:

a) Costo: Por la razón que el banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples debe contener elementos constitutivos, entre ellos, el sistema de medición que sea de un costo moderado e inferiores al costo de adquisición de un banco de pruebas por importación.

b) Rango de medida: El límite de deformación (en cuanto al alargamiento se refiere) depende de las propiedades del elemento conductor, del elemento de soporte y del adhesivo utilizado, generalmente para sensores del mismo tipo la deformación máxima admisible es similar aunque sus longitudes sean diferentes.

La deformación límite viene indicada en forma porcentual y suele oscilar entre el 0.15% como valor más bajo y 5% como valor más alto, aunque también se fabrican sensores que alcanzan hasta el 20% y 25%.

c) Precisión del instrumento: Cuando se efectúan medidas durante un prolongado lapso de tiempo o se utilizan sensores montados en piezas con mucha antelación, las condiciones ambientales (calor, la luz, la humedad, los cambios térmicos, entre otros) pueden degradar las propiedades del sensor, haciendo que el comportamiento de éstas se aleje de lo esperado o que incluso lleguen a deteriorarse. Por ello se recomienda que el sensor sea cubierto con una protección del tipo epoxi o silicona, y mejor aún si es de tipo opaco.

- d) Tamaño y forma del material:** Estos dos parámetros hay que tenerlos en cuenta cuando se escoge el sensor para adherirlo al material, por tanto se debe seleccionar un tamaño de sensor que esté conforme a la dimensión del material.
- e) Condiciones de funcionamiento:** Los sensores están diseñados para trabajar en una dirección determinada, sin embargo si se producen deformaciones transversales, se puede dar una pequeña variación de resistencia. El fabricante proporciona este valor en forma de porcentaje, suele ser este menor del 1%.
- f) Mantenimiento:** El sistema de medición a seleccionar debe estar constituido por elementos que sea de un mantenimiento fácil y no muy complejo para que no sea necesario personal especializado, caso contrario que lo realicen personas a cargo de la supervisión de los equipos.

Tabla 4.2. Evaluación del costo de cada criterio

Modelo B > Modelo D = Modelo C > Modelo A						
Costo	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Modelo A		0	0,5	1	2,5	0,20
Modelo B	1		1	1	4	0,33
Modelo C	0,5	0		0,5	2	0,16
Modelo D	1	0,5	1		3,5	0,29
				Suma Total	12	1,00

Fuente: El Autor

a) El Costo

El parámetro más influyente en el análisis es el costo y dependerá de los equipos y elementos que constituyen cada sistema de deformación.

Modelo A.- El costo de los relojes comparadores es bajo ya que el equipo de medición de deformación se la realiza calibrando manualmente.

Modelo B.-El costo del medidor de deformación por láser es sumamente costoso y difícil de adquirir, su precio oscila alrededor de USD 5000.

Modelo C.- El costo de medición de deformación eléctrica son medianamente costosos y su adquisición se la puede realizar.

Modelo D.- El costo de medición de deformación óptica es muy costoso y su adquisición en los equipos es sumamente difícil; debido a que no se encuentra en este país y su precio estimado es de USD 1200.

Tabla 4.3. Evaluación de la precisión del instrumento de cada criterio

Modelo D = Modelo B > Modelo C > Modelo A						
Precisión del instrumento	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Modelo A		0	0	0	1	0,11
Modelo B	1		1	0,5	3,5	0,37
Modelo C	1	0		0	2	0,21
Modelo D	1	0,5	0,5		3	0,32
Suma						
Total					9,5	1,00

Fuente: El Autor

b) Precisión del instrumento

Modelo A.- La precisión de los medidores mecánicos es muy limitada con lo cual su aplicación es para deformación en cuales no requieran de mayor exactitud.

Modelo B.- La precisión de los medidores por láser es muy exacta y con un mayor rango de aplicación industrial, científica la adquisición de datos se realiza a través de software.

Modelo C.- La precisión de los medidores eléctricos es relativamente exacta ya que para su adquisición de datos se debe desarrollar un software.

Modelo D.- La precisión de los medidores ópticos es muy exacta con la cual se destaca con los medidores laser.

Tabla 4.4. Evaluación del tamaño y forma del material de cada criterio

Modelo C > Modelo A = Modelo B > Modelo D						
Tamaño y forma del material	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Modelo A		1	1	1	4	0,32
Modelo B	0		0,5	0,5	2	0,16
Modelo C	1	1		0,5	3,5	0,29
Modelo D	0,5	0,5	0,75		2,75	0,22
Suma Total					12,25	1,00

Fuente: El Autor

c) Tamaño y forma del material

Modelo A.- El tamaño y la forma de estos medidores son de distintas clase y el material que los constituyen estos son diversos.

Modelo B.- El tamaño de estos equipos son medianamente grandes los cuales ocupan un gran espacio, el material es muy diverso en esta clase de equipos.

Modelo C.- El tamaño de estos medidores es muy variado desde pequeños hasta medianamente grandes, el material de estos equipos son muy diversos.

Modelo D.- El tamaño de estos equipos son relativamente grandes con la cual necesitaría un amplio espacio, el material el cual lo conforma estos equipos es muy diversa.

Tabla 4.5. Evaluación del rango de medida de cada criterio

Modelo B > Modelo C = Modelo D > Modelo A						
Rango de medida	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	$\Sigma +$ 1	Ponderación
Modelo A		1	0,5	1	3,5	0,27
Modelo B	1		0,5	0,5	3	0,23
Modelo C	1	0,5		0,5	3	0,23
Modelo D	1	0,5	1		3,5	0,27
Suma Total					13	1

Fuente: El Autor

d) Rango de medida

Modelo A.- El rango de medida como la precisión es muy limitado en estos equipos de medición.

Modelo B.- El rango de medida como la precisión es muy amplia con la cual se puede destacar su amplia gama de aplicaciones.

Modelo C.- El rango de medida de este sistema de medición es relativamente amplio ya que para cual la se necesitaría varios instrumentos para realizar mediciones de deformaciones altas.

Modelo D.- El rango de medición de este equipo depende mucho del objeto así como el lente óptico con el cual se realiza las mediciones.

Tabla 4.6: Evaluación de condiciones de funcionamiento de cada criterio

Modelo C > Modelo D = Modelo B > Modelo A						
Condiciones de funcionamiento	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	$\Sigma +$ 1	Ponderación
Modelo A		1	1	1	4	0,33
Modelo B	0		0,5	0	1,5	0,13
Modelo C	1	1		1	4	0,33
Modelo D	0,5	0,5	0,5		2,5	0,21
				Suma Total	12	1,00

Fuente: El Autor

e) Condiciones de funcionamiento

Las condiciones de funcionamiento en cualquiera de los modelos de medición de deformación es muy variada y diversa ya que los cuales se puede realizar mediciones en cualquier tipo condiciones ya sea estas como: térmicas, deformaciones, vibraciones.

Tabla 4.7. Resultado de la ponderación

Alternativas	Costo	Precisión del instrumento	Tamaño y forma del material	Rango de medida	Condiciones de funcionamiento	Σ	Prioridad
Modelo A	0,20	0,11	0,32	0,27	0,33	1,26	1
Modelo B	0,33	0,37	0,16	0,23	0,13	1,23	3
Modelo C	0,16	0,21	0,29	0,23	0,33	1,24	2
Modelo D	0,29	0,32	0,22	0,27	0,21	1,2	4

Fuente: El Autor

Aplicando el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtiene que la solución más viable para el sistema de medición que constituirá el banco de pruebas sea la alternativa A y C por tener el valor más alto y por ser más conveniente de conseguir en el mercado.

El sistema de medición más adecuado resultó ser: por reloj comparador y por sensor infrarrojo, debido a que presenta características, siendo estas: el costo, el cual es accesible para su realización; la precisión del instrumento; tamaño y forma del material teniendo un amplia gama de tamaños y formas, rango de medición siendo uno de los sistemas más simples y con amplio rango de medición; condiciones de funcionamiento ya que estos no presentan fallas en ningún tipo de ambiente.

4.1.1.6 Esfuerzos producidos en celosías simples mediante métodos analíticos.

El interés de este tipo de estructuras es que las barras trabajan predominantemente a compresión y tracción presentando comparativamente flexiones pequeñas.

4.1.1.7 Método de RITTER

Este método consiste en realizar cortes en una armadura con el fin de encontrar las fuerzas internas en una armadura, tomando en cuenta la sección cortada en equilibrio y utilizando las 3 ecuaciones de equilibrio determinar las fuerzas internas.

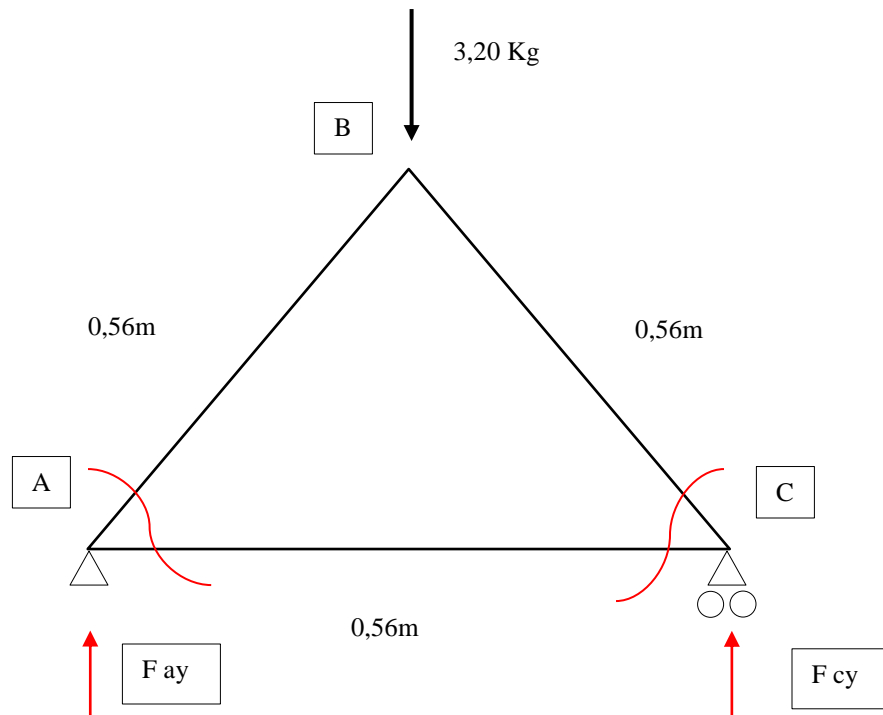


Figura 4.5 Diagrama de cuerpo libre de la celosía para la configuración 60°-60°-60°.

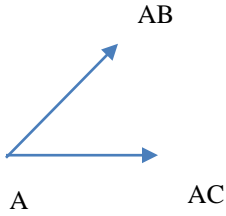
Fuente: El Autor.

Sección A.

$$+ \circlearrowleft \sum MC = 0$$

$$3,20 (0,28) - F_{ay} (0,56) = 0$$

$$F_{ay} = 1,6Kg = 15,59N$$



$$F_{ay} + F_{ab} \operatorname{sen} \theta = 0$$

Ec. [4.1]

$$F_{ab} = -\frac{F_{ay}}{\operatorname{sen} \theta}$$

$$F_{ab} = -\frac{1,6 \text{ Kg}}{\operatorname{sen} 60}$$

$$F_{ab} = -1,8475 \text{ Kg (C)} = -18,12 \text{ N}$$

$$F_{ac} - F_{ab} \cos \theta = 0$$

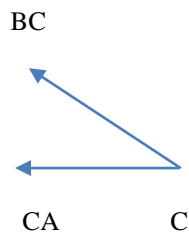
$$F_{ac} = F_{ab} \cos \theta$$

Ec. [4.2]

$$F_{ac} = 1,8475 * \cos 60$$

$$F_{ac} = 0,9237 \text{ Kg (T)} = 9,06 \text{ N}$$

Sección C.



$$+ \circlearrowleft \sum MA = 0$$

$$F_{cy} (0,56) - 3,20 (0,28) = 0$$

$$F_{cy} = 1,6 \text{ Kg} = 15,69 \text{ N}$$

$$F_{cy} - F_{cb} \operatorname{sen} \theta = 0$$

$$F_{cb} = -\frac{F_{cy}}{\text{sen } \theta}$$

$$F_{cb} = -\frac{1,6 \text{ kg}}{\text{sen } 60}$$

$$F_{cb} = -1,8475 \text{ Kg (C)} = -18,12 \text{ N}$$

$$F_{ca} - F_{cb} \cos \theta = 0$$

$$F_{ca} = F_{cb} \cos \theta$$

$$F_{ca} = 1,8475 * \cos 60$$

$$F_{ca} = 0,9237 \text{ Kg (T)} = 9,06 \text{ N}$$

Cálculo Esfuerzo producido en cada barra.

$$P = 3,20 \text{ Kg}$$

$$L = 560 \text{ mm} = 0,56 \text{ m}$$

$$D = 9/16 \text{ plg} = 0,01428 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0,01428)^2}{4} = 1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = 205 \text{ G Pa. Acero SAE 1018}$$

$$3,20 \text{ kg} = 31,39 \text{ N}$$

Barra AB = BC (compresión)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{18,12 \text{ N}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 112,82 \text{ KPa}$$

Barra AC (Tensión)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{9,06 \text{ N}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 56,41 \text{ KPa}$$

Calculo de la deformación en las barras.

E = 205 G Pa. Acero SAE 1018

Barra AB = BC (compresión)

$$\delta \text{ max} = \frac{P \times L}{A \times E}$$

$$\delta \text{ max} = \frac{18,12 \text{ N} \times 0,56 \text{ m}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2 (205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

$$\delta \text{ max} = 3,08 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Barra AC (Tensión)

$$\delta_{max} = \frac{P \times L}{A \times E}$$

$$\delta_{max} = \frac{9,06 \text{ N} \times 0,56 \text{ m}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2 (205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

$$\delta_{max} = 1,541 \times 10^{-7} \text{ m}$$

4.1.1.8 Método de los NUDOS

Consistente en estimar que cada uno de los nudos está en equilibrio, lo que implica que la suma vectorial de las fuerzas actuantes sobre cada barra se equilibran.

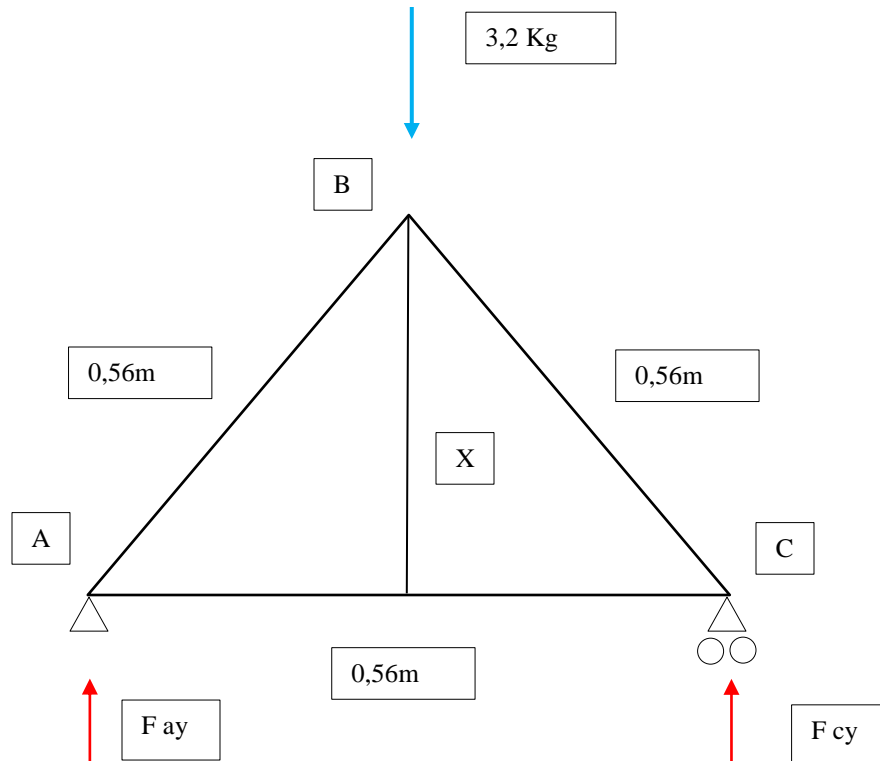


Figura 4.6 Diagrama de cuerpo libre de la celosía para el método de los nudos.

Fuente: El Autor

$$x = \sqrt{0,56^2 - 0,28^2} = 0,4849m$$

$$+ \circlearrowleft \sum MA = 0$$

$$F_{cy} (0,56) - 3,2 (0,28) = 0$$

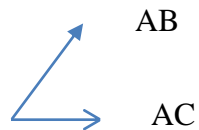
$$F_{cy} = 1,6 \text{ Kg} = 15,69\text{N}$$

$$+ \circlearrowleft \sum MC = 0$$

$$3,2(0,28) - F_{ay} (0,56) = 0$$

$$F_{ay} = 1,6\text{Kg} = 15,69\text{N}$$

Nodo A



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{ay} - F_{ab} \text{ sen } \theta = 0$$

$$F_{ab} = -\frac{F_{ay}}{\text{sen } \theta}$$

$$F_{ab} = -\frac{1,6\text{Kg}}{\text{sen } 60}$$

$$F_{ab} = -1,847\text{Kg} = 18.12 \text{ N (compresion)}$$

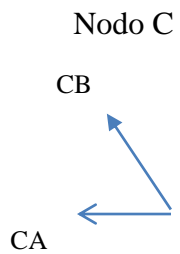
$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ac} - F_{ab} \cos \theta = 0$$

$$F_{ac} = F_{ab} \cos \theta$$

$$F_{ac} = 1,84 \text{Kg} \cos 60$$

$$F_{ac} = 0,9235 \text{Kg} \text{ (tensiòn)}$$



$$\sum F_y = 0$$

$$F_{cy} - F_{cb} \sin \theta = 0$$

Ec. [4.3]

$$F_{cb} = -\frac{F_{cy}}{\sin \theta}$$

$$F_{cb} = -\frac{1,6 \text{Kg}}{\sin 60}$$

$$F_{cb} = -1,8475 \text{N} \text{ (compresiòn)}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ca} - F_{cb} \cos \theta = 0$$

Ec. [4.4]

$$F_{ca} = F_{cb} \cos \theta$$

$$F_{ca} = 1,8475 \text{ Kg} \cos 60$$

$$F_{ca} = 0,9235 \text{ Kg (tensiòn)}$$

Cálculo Esfuerzo producido en cada barra.

$$P = 3,20 \text{ Kg}$$

$$L = 560 \text{ mm} = 0,56 \text{ m}$$

$$D = 9/16 \text{ plg} = 0,01428 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0,01428)^2}{4} = 1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$E = 205 \text{ G Pa. Acero SAE 1018}$$

$$3,20 \text{ kg} = 31,39 \text{ N}$$

Barra AB = BC (compresión)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{18,12 \text{ N}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 112,82 \text{ KPa}$$

Barra AC (Tensión)

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{9,06 \text{ N}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 56,41 \text{ KPa}$$

Calculo de la deformación en las barras.

E = 205 G Pa. Acero SAE 1018

Barra AB = BC (compresión)

$$\delta_{max} = \frac{P \times L}{A \times E}$$

$$\delta_{max} = \frac{18,12 \text{ N} \times 0,56 \text{ m}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2 (205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

$$\delta_{max} = 3,08 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Barra AC (Tensión)

$$\delta_{max} = \frac{P \times L}{A \times E}$$

$$\delta_{max} = \frac{9,06 \text{ N} \times 0,56\text{m}}{1,606 \times 10^{-4} \text{ m}^2 (205 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2})}$$

$$\delta_{max} = 1,541 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Diagrama de Esfuerzos en celosías simples.

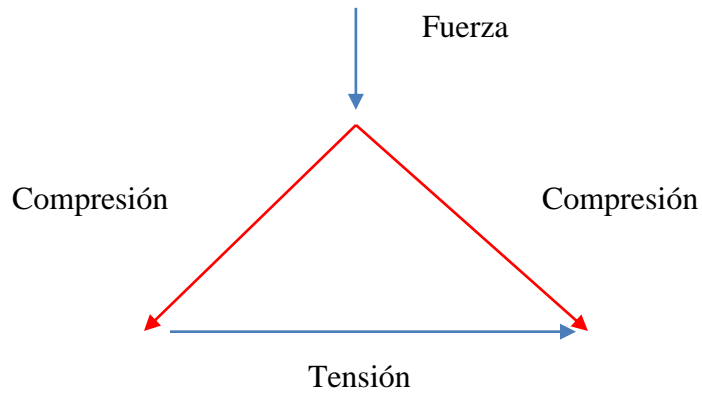


Figura.4.7 Diagrama de esfuerzos

Fuente: El autor

4.1.1.9 Configuración de celosía a 45° - 90° - 45°.

Tabla 4.8: Fuerzas calculadas en cada barra.

CONFIGURACIÓN 45° - 90° - 45°			
	Compresión (C), Tensión (T)		
CARGA (Kg)	AB (C) [N]	BC (C) [N]	AC (T) [N]
3,2	22,22	22,22	15,72
6,4	44,43	44,43	31,45
9,6	66,65	66,65	47,17
12,8	88,87	88,87	62,89

Fuente: El Autor.

Tabla 4.9: Esfuerzos calculados para cada barra.

	ESFUERZO (kPa)		
CARGA (Kg)	AB (C)	BC (C)	AC (T)
3,2	138,28	138,28	97,86
6,4	276,55	276,55	195,72
9,6	414,83	414,83	293,58
12,8	553,11	553,11	391,44

Fuente: El Autor.

Tabla 4.10: Deformaciones calculadas para cada barra.

CARGA (Kg)	DEFORMACIONES (mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
3,2	0,00038	0,00038	0,00036
6,4	0,00076	0,00076	0,00073
9,6	0,00113	0,00113	0,00109
12,8	0,00151	0,00151	0,00145

Fuente: El Autor.

4.1.10 Configuración de celosía a 60° - 60° - 60°.

Tabla 4.11: Fuerzas calculadas en cada barra.

CONFIGURACION 60° - 60° - 60°			
CARGA (Kg)	Compresión (C), Tensión (T)		
	AB (C) [N]	BC (C) [N]	AC (T) [N]
3,2	18,12	18,12	9,06
6,4	36,25	36,25	18,12
9,6	54,37	54,37	27,19
12,8	72,50	72,50	36,25

Fuente: El Autor.

Tabla 4.12: Esfuerzos calculados para cada barra.

CARGA (Kg)	ESFUERZO (kpa)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
3,2	112,81	112,81	56,40
6,4	225,61	225,61	112,81
9,6	338,42	338,42	169,21
12,8	451,22	451,22	225,61

Fuente: El Autor.

Tabla 4.13: Deformaciones calculadas para cada barra.

PESO (Kg)	DEFORMACIONES (mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
3,2	0,00028	0,00028	0,00014
6,4	0,00057	0,00057	0,00028
9,6	0,00085	0,00085	0,00043
12,8	0,00113	0,00113	0,00057

Fuente: El Autor.

4.1.11 Comparación mediante software para la configuración de celosía a 45°-90°-45°

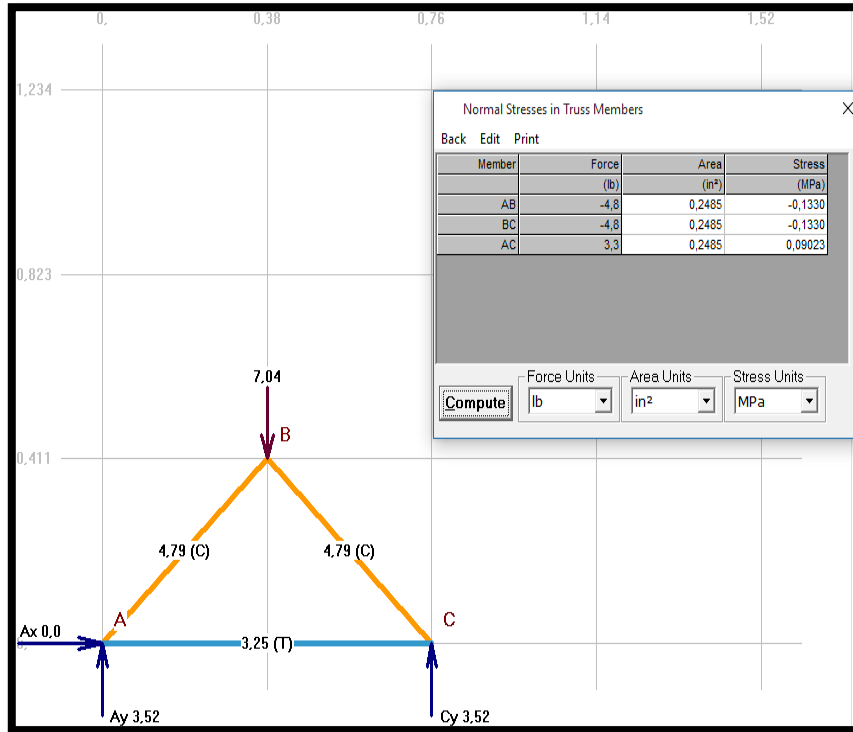


Figura 4.8: Esquema de la celosía para una carga de 3,20 Kg

Fuente: El Autor

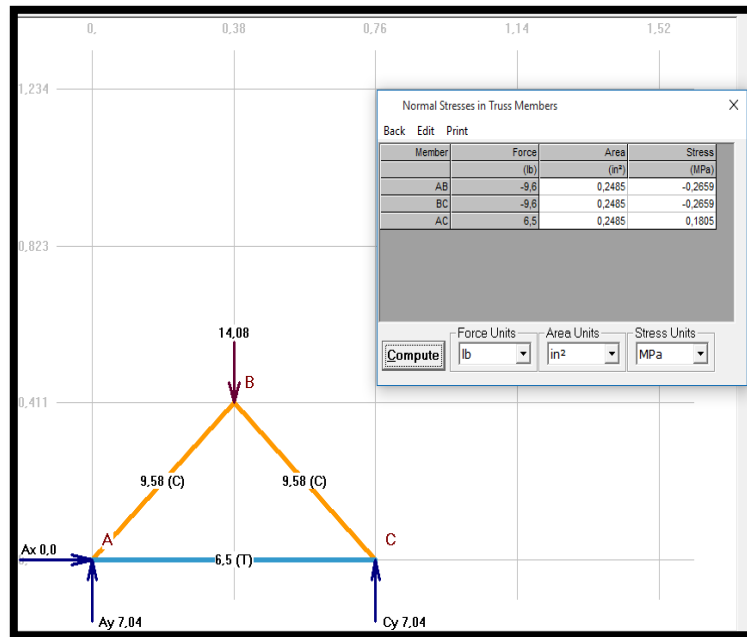


Figura 4.9: Esquema de la celosía para una carga de 6,40 Kg

Fuente: El Autor

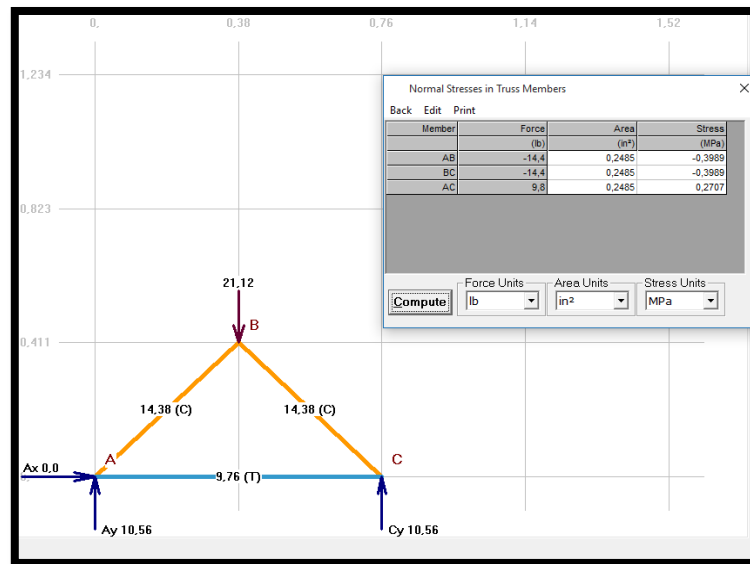


Figura 4.10: Esquema de la celosía para una carga de 9,60 Kg

Fuente: El Autor

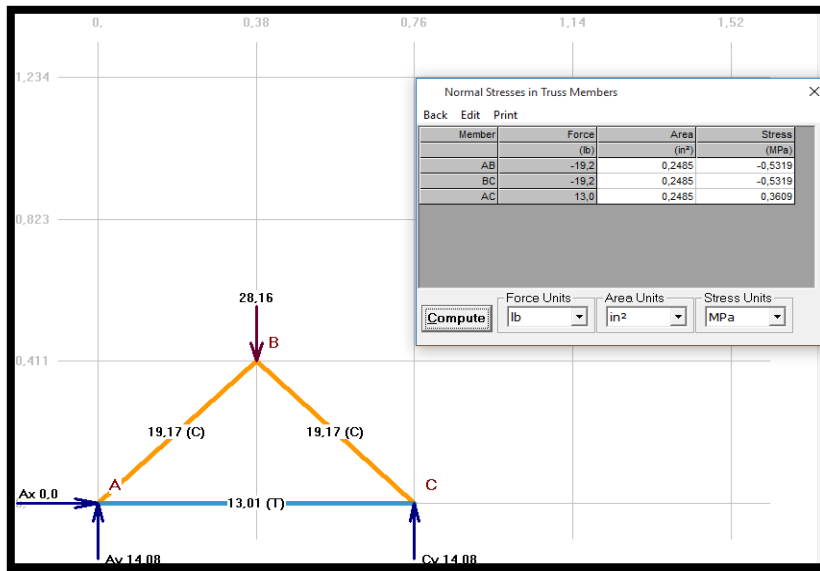


Figura 4.11: Esquema de la celosía para una carga de 12,80 Kg

Fuente: El Autor

4.1.12 Comparación mediante software para la configuración de celosía a 60°-60°-60°

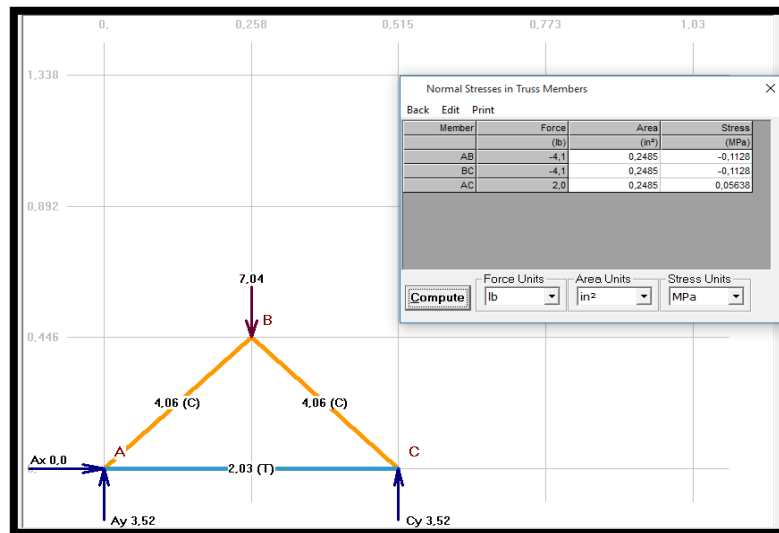


Figura 4.12: Esquema de la celosía para una carga de 3,20 Kg

Fuente: El Autor

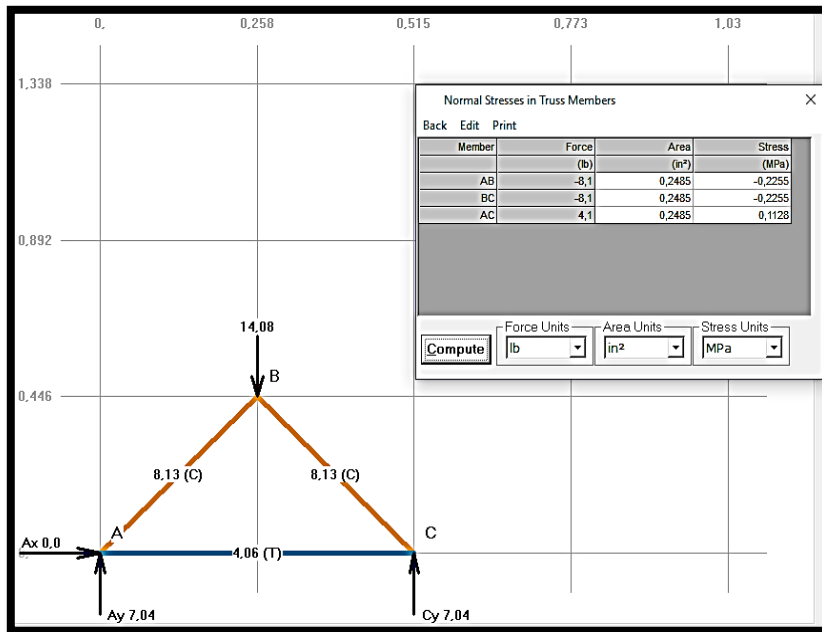


Figura 4.13: Esquema de la celosía para una carga de 6,40 Kg

Fuente: El Autor

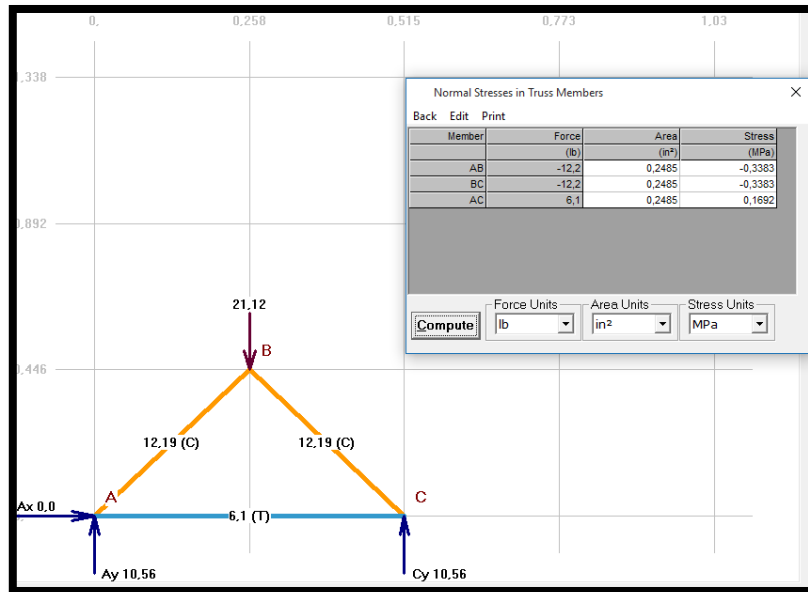


Figura 4.14: Esquema de la celosía para una carga de 9,60 Kg

Fuente: El Autor

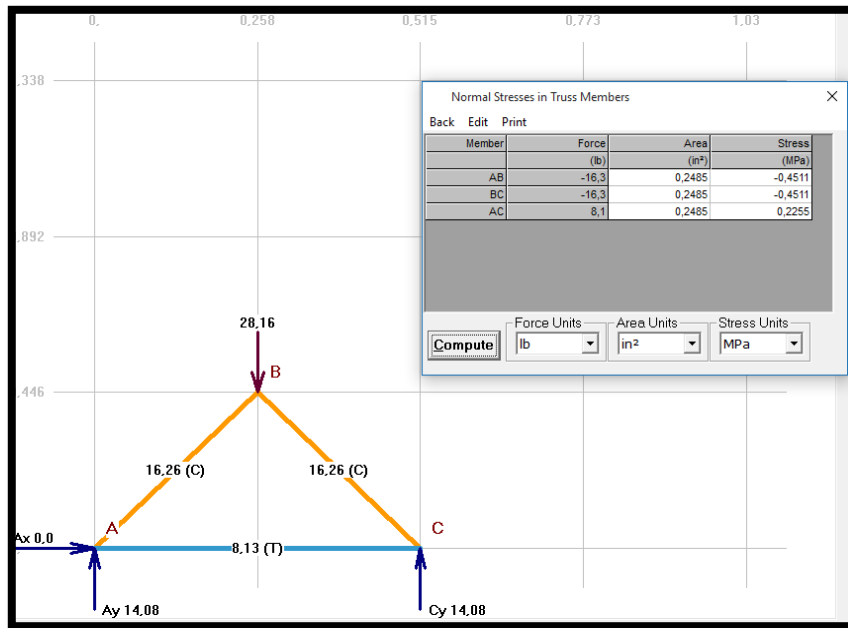


Figura 4.15: Esquema de la celosía para una carga de 12,80 Kg

Fuente: El Autor

4.2 Esfuerzos producidos en celosías simples mediante análisis experimental.

Mediante el análisis experimental se observó los siguientes resultados mostrados en las siguientes tablas:

4.2.1 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 01

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 3,2 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.14: Ensayo experimental N.- 01; P = 3.2 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 45°-90°-45°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
3,2	9,5	9,5	2,5
	9,7	9,5	2,9
	9,7	9,5	2,5
	9,5	9,5	2,5
	9,2	9,2	2,6
	9,5	9,2	2,1
	10	9,5	2,5
	9,9	9,8	2,2
	10	9,5	2,2
	10	9,5	2,3
	10	9,2	2,2
	9,8	9,5	2,1
	10,5	9,5	2,3
	10	9,5	2,2
	10	9,9	2,3
	10	9,9	2,2
	10	9,9	2,4
	9,8	9,9	2,1
	9,5	9,8	2,1
	9,5	9,8	2,1

Fuente: El Autor

4.2.2 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 02

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 6,4 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.15: Ensayo experimental N.- 02; P = 6.4 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 45°-90°-45°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
6,4	19,1	18,8	5,5
	19	18,9	5
	19,7	19	5,2
	19	19	5,1
	19,4	19	5,3
	19,9	19	5,2
	18,2	19	5
	19,5	19	5,6
	19,3	19,1	5,5
	19,5	19,3	5,4
	19,8	19	5,6
	19,9	19	5,5
	19,5	19,2	5,5
	19,8	19,1	5,3
	19,7	19	5,5
	18,6	19	5,7
	19,8	19	5,6
	19,9	19	5,7
	19	19	5,2
19	19	5,6	

Fuente: El Autor

4.2.3 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 03

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 9,6 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.16: Ensayo experimental N.- 03; P = 9.6 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 45°-90°-45°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
9,6	28,2	27,7	10,5
	28	28,5	10,8
	28,5	28,4	10,2
	29	28,5	10,4
	28,9	28,9	10,9
	28,9	28,2	10,7
	29,2	29	10,3
	28,5	28	10
	28,8	28	11
	28,5	28	11,1
	28	28,1	10,2
	28,7	28	11
	29,2	29	10
	28,5	28,5	10,1
	28,1	28	10,3
	29,6	29,5	10
	29	28,8	10,4
	29,4	29	10,1
28,5	29	10	
28,1	28,5	10,6	

Fuente: El Autor

4.2.4 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 04

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 12,8 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.17: Ensayo experimental N.- 04; P= 12.8 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 45°-90°-45°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
12,8	39	39,8	13,6
	38,8	39,5	13,4
	38	38	14
	38,2	38,7	14,5
	38,8	38,7	14,6
	39,1	39,1	13,9
	39	39	13,5
	38,7	39	14
	38,1	38,1	13,4
	38	38	13,8
	39,5	39,5	13,5
	39,5	39	13
	38,9	38,8	13,4
	38,8	39	13,6
	39,1	39,1	13
	38,9	38,6	13,2
	39	39	13
	39	39,2	14,5
	38,8	39	14,5
	38,2	38,5	13,8

Fuente: El Autor

4.2.5 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 05

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 3,2 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.18: Ensayo experimental N.- 05; P = 3,2 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 60°-60°-60°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
3,2	9	9,6	2,8
	8,9	9,2	2
	8,8	9	2,1
	8	9	2
	8,3	9	2
	8	9,5	2,3
	8	8	2,4
	9	9	2,5
	8,2	8,2	2,4
	9	9,8	2,7
	8,1	9	3
	8	8,5	2,9
	8	8,9	2,1
	8	9	2
	8,3	9	2,9
	8	8,5	2,7
	8	9	2,5
	8,5	8,9	2
	8	8	2,2
	8,2	8,5	3
8,6	9,6	2,5	

Fuente: El Autor

4.2.6 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 06

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 6,4 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.19: Ensayo experimental N.- 06; P= 6,4 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 60°-60°-60°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
6,4	16	16	4
	17,1	17	3,3
	16	16,4	3,8
	16	16	4
	17	17	3,7
	16	16,2	3,5
	17	16,9	3,6
	17	16,8	3
	16,8	16,9	3,1
	16	16,7	3,4
	17	16,4	3,8
	16,7	16,9	3,6
	16,1	17	4
	17	17	3,7
	16,9	16,8	3
	17	17	3,7
	16,8	16,5	3,9
	17	16,9	3,6
	16,4	16,8	3,8
	16,6	17	3
17	17	3,7	

Fuente: El Autor

4.2.7 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 07

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 9,6 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.20: Ensayo experimental N.-07; P= 9,6 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 60°-60°-60°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
9,6	24,8	25	8,3
	24,5	24	8
	24	25	8,3
	24,7	24,5	9
	25	24	9,1
	24,7	25	8,6
	24,7	24	8,3
	25	25	8
	24,8	24,4	8,3
	25,5	24,9	8,6
	24,5	24,8	8,1
	24,2	24,5	8
	24,9	25	8,5
	25	25	9
	24,5	24,3	8,2
	25,1	24,8	8,4
	25	25	8
	24,9	24,6	8,5
	25	25	8
	24,8	24,6	8,4
25	25	9	

Fuente: El Autor

4.2.8 ENSAYO EXPERIMENTAL N.- 08

Para determinar los esfuerzos en celosías simples con una carga de 12,8 Kg se observó las deformaciones en las diferentes secciones que comprenden el banco de pruebas con los relojes comparadores.

Tabla 4.21: Ensayo experimental N.- 08; P= 12,8 Kg

CARGA (Kg)	SECCIONES PARA CONFIGURACIÓN 60°-60°-60°		
	Desplazamientos (0,01mm)		
	AB (C)	BC (C)	AC (T)
12,8	33	33	11,1
	32	32	11,5
	32	33,1	11,4
	33	33	11
	32,2	32	11,6
	33	32,6	11,8
	32	32	11
	33	32	12
	33,1	32	11,3
	32	33	12
	32,9	32,1	11,8
	32,1	32	11,1
	32,7	32	12
	32	32,4	12,1
	33	33	11,8
	33	33	12
	33	32,5	11,7
	33	33	12
	32,4	32,2	11,9
	32	32,5	11
33	33	11,8	

Fuente: El Autor

4.2.9 Cálculo de la resistencia máxima del material a tensión y compresión.

El material de constitución de la celosía es acero AISI 1018.

Valores leídos en el Anexo C

$$F_y = 370 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = 440 \text{ MPa}$$

Resistencia de diseño a la tensión (Método LRFD)

$$\phi_t P_n = \phi_t * F_y * A_g \quad \text{Ec. [4.5]}$$

$$P_n = 370 * 1,606. 10^{-4}$$

$$P_n = 59,422 \text{KN}$$

Resistencia de diseño a la compresión (Método LRFD)

$$\phi_t P_n = \phi_t * F_{cr} * A_g \quad \text{Ec. [4.6]}$$

$$P_n = 440 * 1,606. 10^{-4}$$

$$P_n = 70,664 \text{KN}$$

Método ASD (tensión)

$$\frac{P_n}{\Omega_t} = \frac{F_y * A_g}{\Omega_t} \quad \text{Ec. [4.7]}$$

Para $\Omega_t = 1,67$

$$P_n = 370 * 1,606. 10^{-4}$$

$$P_n = 59,422 \text{KN}$$

Método ASD (compresión)

$$\frac{P_n}{\Omega_t} = \frac{F_{cr} * A_g}{\Omega_t} \quad \text{Ec. [4.8]}$$

Para $\Omega_t = 1,67$

$$P_n = 440 * 1,606. 10^{-4}$$

$$P_n = 70,664 \text{KN}$$

4.3 Interfaz entre el usuario y la computadora, que facilite la obtención y procesamiento de datos en un ensayo de esfuerzos.

Se conoce que la variación del sensor infrarrojo produce una salida análoga de 5 voltios, envía una señal cuando tiende a tocar cualquier superficie.

Por tal motivo se procedió a diseñar un circuito que se adapte para las condiciones de uso donde como señal de salida tenemos el voltaje. En la figura 4.14 se muestra el diagrama de bloques del circuito.

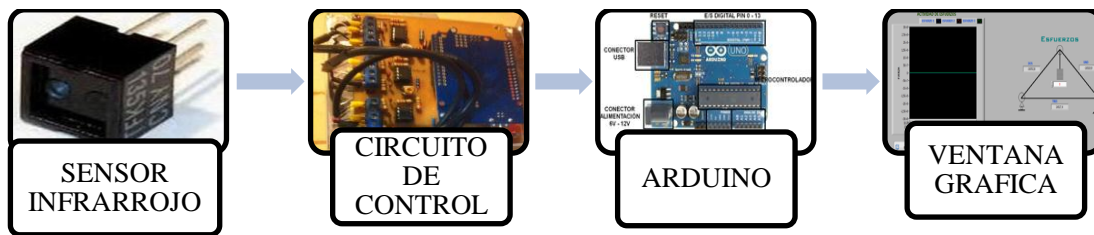


Figura.4.16 Diagramas de bloques del circuito.

Fuente: El autor

En la primera etapa se encuentra el sensor; este sensor va a generar una señal que tiene que ser amplificada. La cual tiene que pasar por varios filtros y amplificadores operacionales para reducir el ruido y obtener una señal sin variaciones.

4.3.1 Diseño del Circuito.

El diseño del circuito se lo realiza por etapas; para ello se necesita conocer el tipo de señal proveniente del sensor infrarrojo. Esta señal se encuentra en el rango de voltios.

4.3.2 Adquisición de datos.

Está conformado por la tarjeta de adquisición de datos, sensor infrarrojo, los cuales son los encargados de interpretar el fenómeno de la deformación, mediante la variación de voltaje que se produce en el sensor al presionar y este efecto interpretar en el programa para finalmente obtener el diagrama esfuerzo deformación.

Una vez que se ha acondicionado la señal producida por el sensor infrarrojo es necesario convertirla en una señal digital y enviarla al computador donde será procesada, para esto es preciso utilizar un sistema de adquisición de datos. Un sistema de adquisición de datos es la parte de un sistema de medición que cuantifica y almacena datos.

Los sistemas de adquisición de datos basados en computadoras son sistemas híbridos que combinan un paquete de adquisición de datos con el microprocesador y la capacidad de interacción de la PC con el ser humano.

Comúnmente se utiliza una computadora porque ofrece todos los componentes necesarios para una medición efectiva, colección de datos, lógica de programa y control de retroalimentación.

Lo primero a realizar es convertir la señal acondicionada proveniente del sensor en una señal digital. Para esto es necesario el uso de un convertidor analógico a digital (A/D), este convierte un valor de voltaje analógico en un número binario mediante un proceso de digitalización. La conversión es discreta, teniendo lugar un número a la vez.

Entre las características a tomar en cuenta al seleccionar un convertidor A/D se encuentran la resolución, el rango de voltaje y la velocidad de conversión.

Después de haber convertido la señal del sensor en una señal digital se procede a enviarla a la PC. Existen ciertos estándares para la forma en que la información digital se comunica entre dispositivos digitales. Los métodos de comunicación en serie transfieren los datos de bit en bit.

4.3.3 Reconocimiento de la Tarjeta en el Equipo.

Para que la tarjeta Arduino sea reconocida por el equipo por primera vez se debe realizar los siguientes pasos:

1. Ejecutar doble clic en el icono Measurement & Automation para abrir el MAX.
2. Expandir la lista Devices and Interfaces, dar clic derecho en NI-DAQmx Devices y seleccionar Find Network NI-DAQmx Devices. El programa buscara los dispositivos que se encuentren conectados la Pc

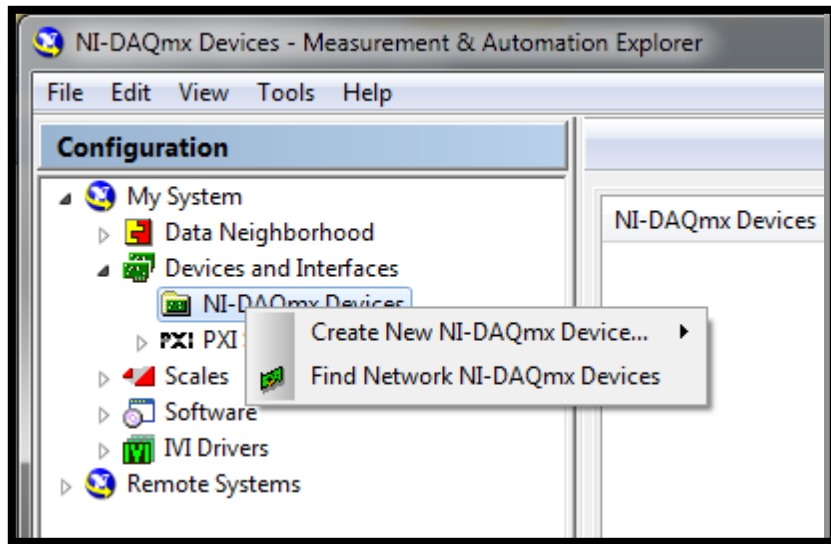


Figura 4.17. Selección de dispositivo.

Fuente: El Autor

3. Seleccionamos de la lista el Arduino y dar clic en el botón Add Selected Devices.

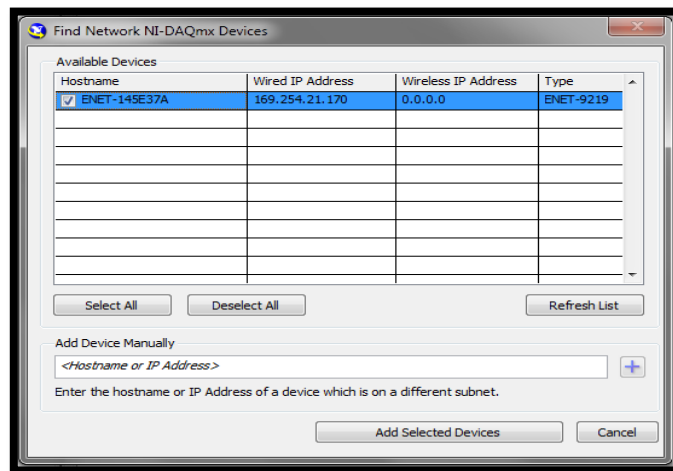


Figura 4.18. Selección de la tarjeta de adquisición de datos.

Fuente: El Autor

4. Después de algunos segundos aparecerá en la lista NI DAQmx Devices la tarjeta ARDUINO con lo que se queda instalado la tarjeta en el equipo.

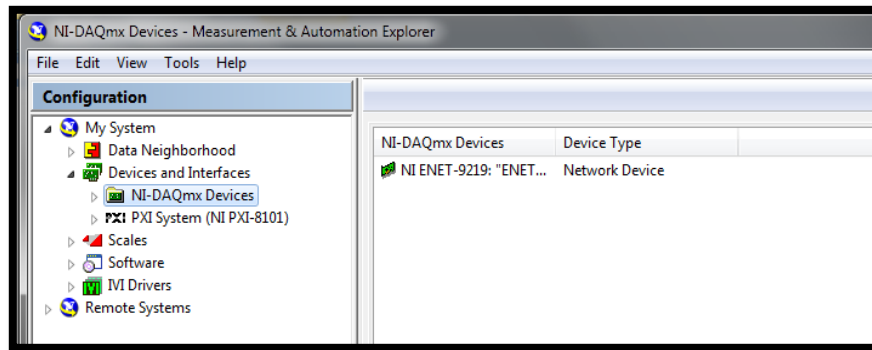


Figura 4.19. Lista de dispositivos activos en el equipo.

Fuente: El Autor

5. Al ejecutar doble clic en el nombre de la tarjeta aparecerá los datos de la tarjeta y herramientas del programa para el manejo de la misma. Entre las cuales podemos ver las propiedades de la tarjeta, borrar el driver de la tarjeta del equipo, verificar el estado físico y de comunicación de la tarjeta y tomar medidas con la misma.

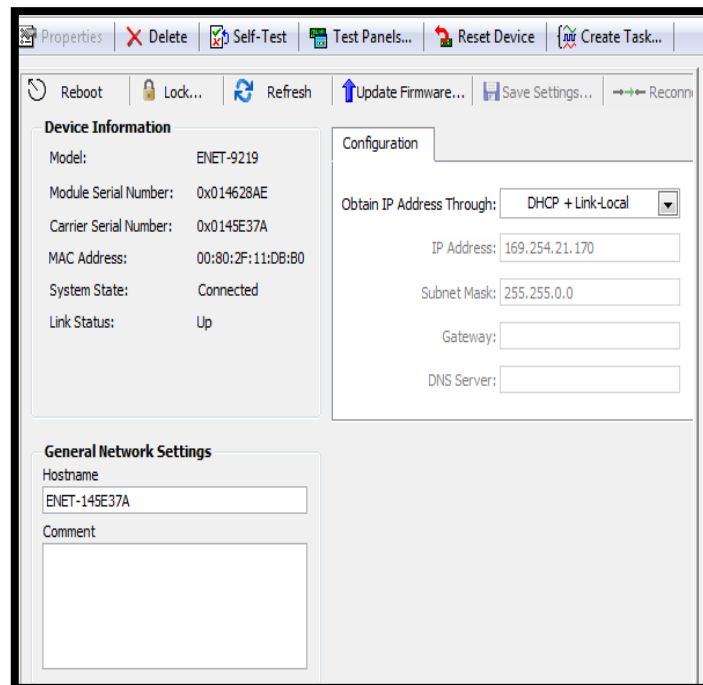


Figura 4.20. Datos de la tarjeta de adquisición de datos.

Fuente: El Autor

4.3.4 Verificación de la Tarjeta.

Una vez que esta la tarjeta instalada en el equipo, se recomienda realizar una autoevaluación a la misma, esta opción permite verificar la compatibilidad de la tarjeta con el equipo; para realizar esta operación en el programa MAX, se selecciona la tarjeta Arduino, ejecutamos clic en la pestaña Self-Test.

Inmediatamente se realiza una prueba de la parte física de la tarjeta y se mostrara los resultados de esa evaluación en una nueva ventana.

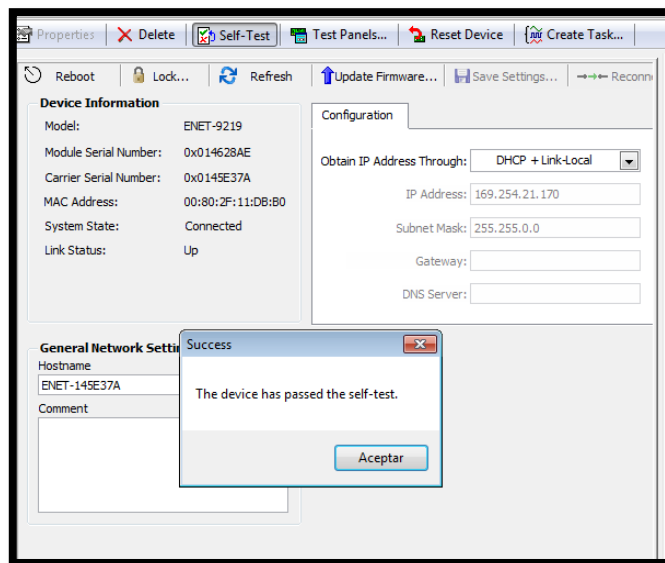


Figura 4.21. Verificación de la tarjeta.

Fuente: El Autor

4.3.5 Uso de la Tarjeta de Adquisición de Datos mediante LabVIEW

Para generar un programa utilizando la tarjeta Arduino mediante LabVIEW, se ocupara el siguiente método utilizando la función DAQ Assistant para lo cual en la ventana de diagrama de bloques del programa LabVIEW se realiza los siguientes pasos:

1. Efectuar un clic derecho en la pantalla, con lo que se abrirá la ventana de funciones del programa, seguimos la siguiente dirección para iniciar la función DAQ Assistant: Express, Input, DAQ Assistant.

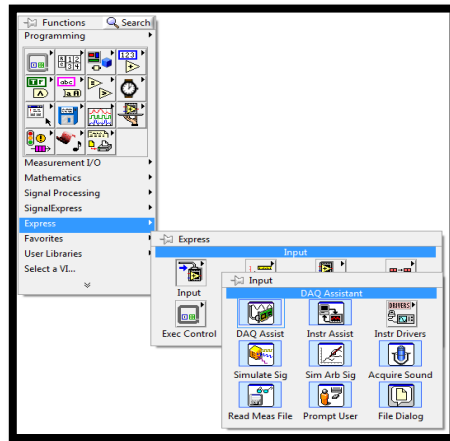


Figura 4.22. Utilización del DAQ Assistant.

Fuente: El Autor

2. Se abrirá la ventana del DAQ Assistant en la cual vamos a la lista de Acquire Signals, extendemos la lista Analog Input y seleccionamos Strain.

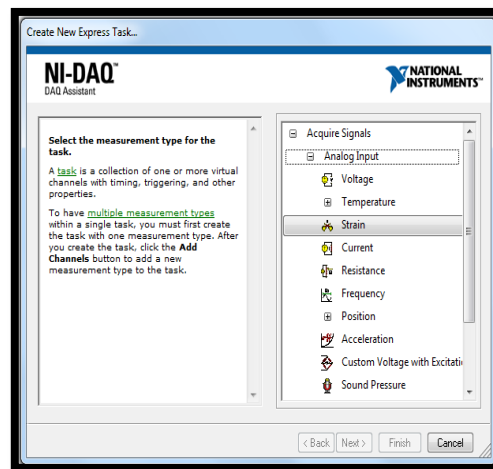


Figura 4.23: Ventana de DAQ Assistant.

Fuente: El Autor

3. Seleccionamos la entrada o puerto en donde se conectara el sensor infrarrojo para la medición y seleccionamos Finish.

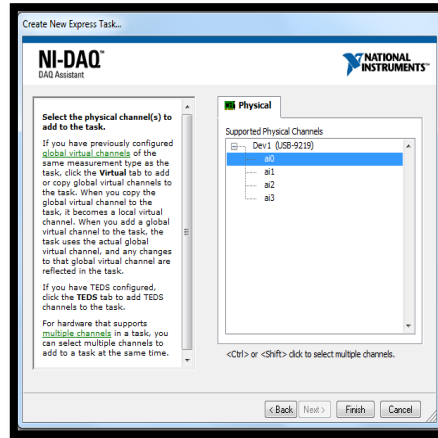


Figura 4.24. Selección del canal físico de medición.

Fuente: El Autor

4. Se abrirá una nueva ventana donde colocaremos los parámetros para la medición con sensores infrarrojos, en la cual encontraremos dos pestañas principales que son Express Task y Connection Diagram.

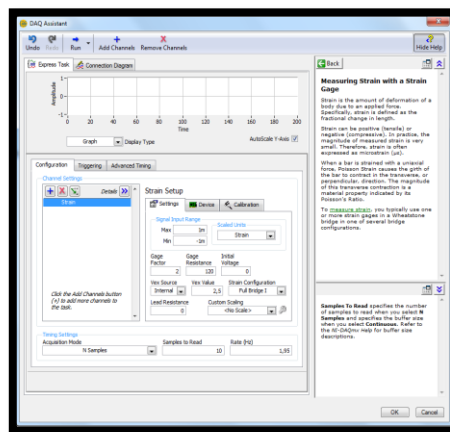


Figura 4.25. Parámetros para calibrar el puente

Fuente: El Autor

En la pantalla Express Task en la sección de Configuration se colocara los parámetros para la medición en la pestaña Settings, estos son:

- Singal Input Range: Limita el rango de la medición, es decir permite modificar el valor máximo y mínimo que toma el amplificador de la tarjeta, con la finalidad de mejorar la apreciación de la medición.
- Sensor Factor: Indica el factor del sensor, que servirá para el cálculo interno en el programa.
- Gage Ressistance: Indica el valor de resistencia nominal, servirá para el cálculo interno en el programa.
- Initial Voltage: Indica el valor de voltaje para calibrar el offset o encerado de la galga, este valor cambia automáticamente cuando se calibra el offset mediante el programa.
- Vex Source: Selecciona el tipo de alimentación para el puente, para el caso de medición de deformación con sensores infrarrojos se selecciona voltaje interno.
- Vex Value: Indica el valor de voltaje de excitación del puente, la National Instruments recomienda un valor de 2.5 V para evitar efectos de temperatura en mediciones prolongadas.
- Strain Configuration: Selecciona el tipo de configuración de puente: cuarto, medio y puente completo.
- Lead Resistance: Indica el valor de resistencia eléctrica debida al cable que se utiliza para llevar la señal del sensor a la tarjeta.
- Custom Scaling: Nos permite colocar un factor de escala para la medición, se lo ocupa cuando se utilizan las galgas para medir una magnitud física.

➤ Acquisition Mode: Selecciona el modo de toma de datos: una muestra por demanda, una muestra por tiempo, N muestras y muestras continuas.

➤ Sample to Read: Indica el número de muestras por frecuencia de muestreo.

➤ Rate (Hz): Indica la frecuencia de muestreo que tendrá la tarjeta.

En caso de necesitar mayor ayuda se puede encontrar ayuda en la parte derecha de la misma ventana.

5. Para adicionar otra entrada de medición al programa pulsamos click en el icono de “+” en la pestaña de Configuration con lo cual se despliega una ventana donde seleccionamos Strain.

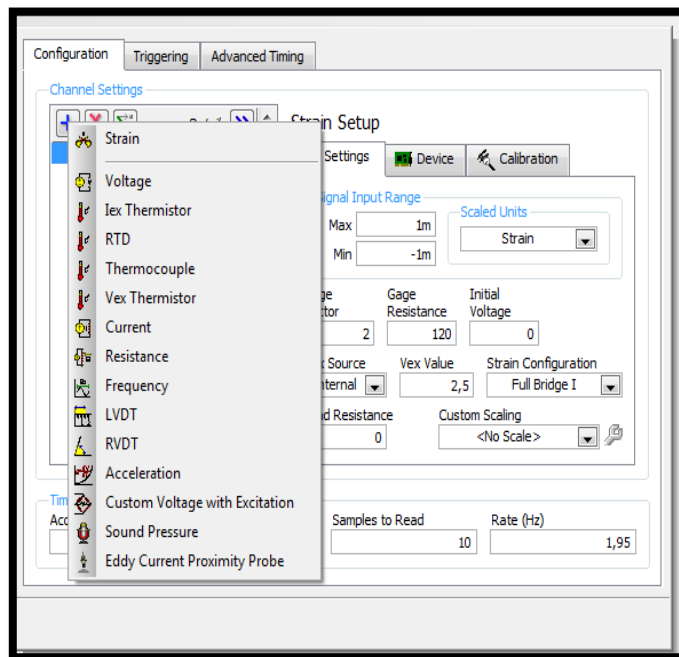


Figura 4.26: Adición de un nuevo canal de medición.

Fuente: El Autor

6. Seleccionamos la entrada para la medición y seleccionamos **OK** con lo cual se adiciona otro canal al programa.

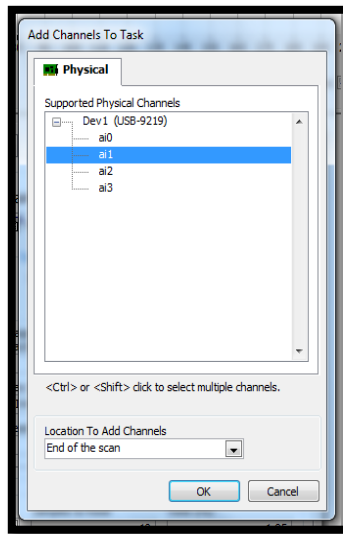


Figura 4.27: Selección de la entrada de medición.

Fuente: El Autor

4.3.6 Acondicionamiento de señal en LabView

Para la instrumentación virtual se debe seguir el siguiente proceso que permitirá obtener el diagrama esfuerzo deformación.

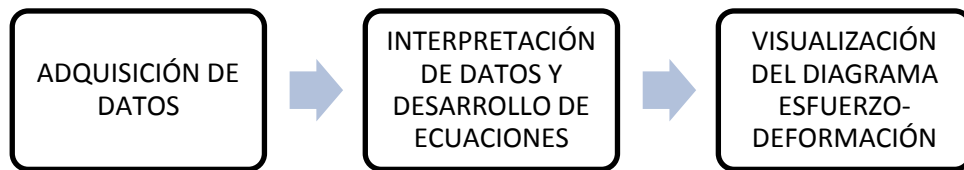


Figura 4.28: Secuencia de proceso programación

Fuente: El Autor

En la figura 4.28 y figura 4.29 se muestra el proceso realizado para obtener el valor de la deformación y la flecha a partir del bloque de adquisición, como posterior un bloque para obtener la señal y eliminar ruidos, seguido de los bloques que permiten editar fórmulas de Labview para Arduino

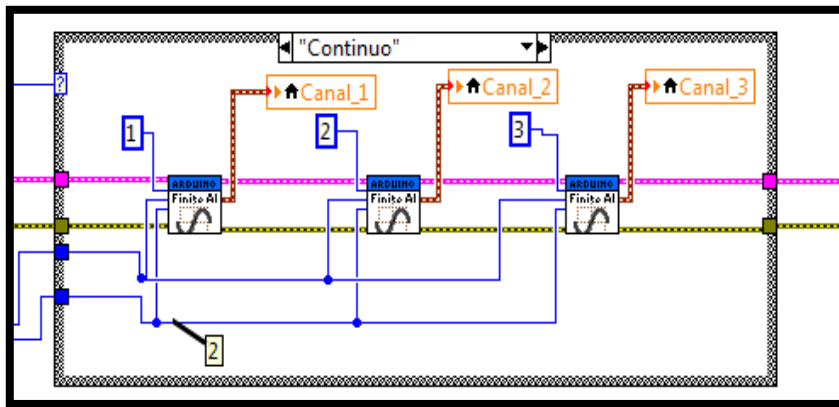


Figura 4.29. Acondicionamiento de señal en LabView

Fuente: El Autor

4.3.7 Interpretación de ecuaciones sustentadas

Se establece las ecuaciones para determinar la deformación y esfuerzo del sensor, a continuación se transcribe en LabView estas ecuaciones las cuales se presentan en la siguiente figura 4.30.

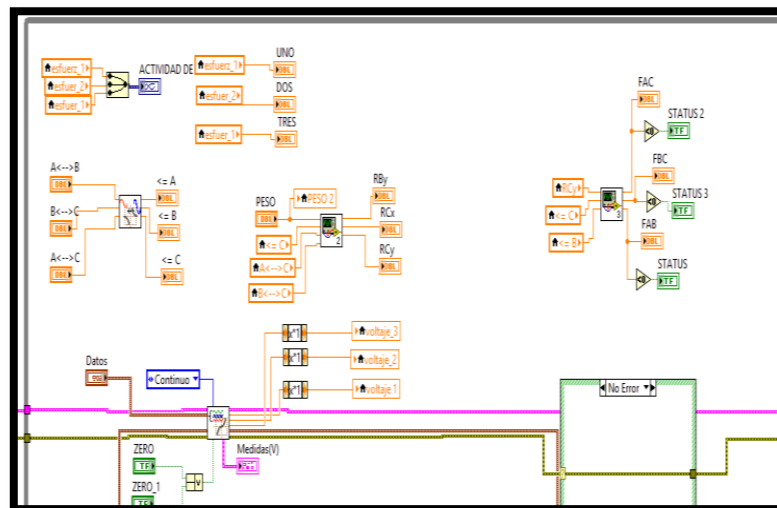


Figura 4.30. Interpretación de ecuaciones sustentadas

Fuente: El Autor.

4.3.8 Visualización del diagrama esfuerzo – deformación

Previo a la adquisición de las ecuaciones se utiliza el bloque de funciones build XY Graph y sus complementos, para generar la gráfica y posteriormente visualizar el diagrama esfuerzo – deformación del sensor.

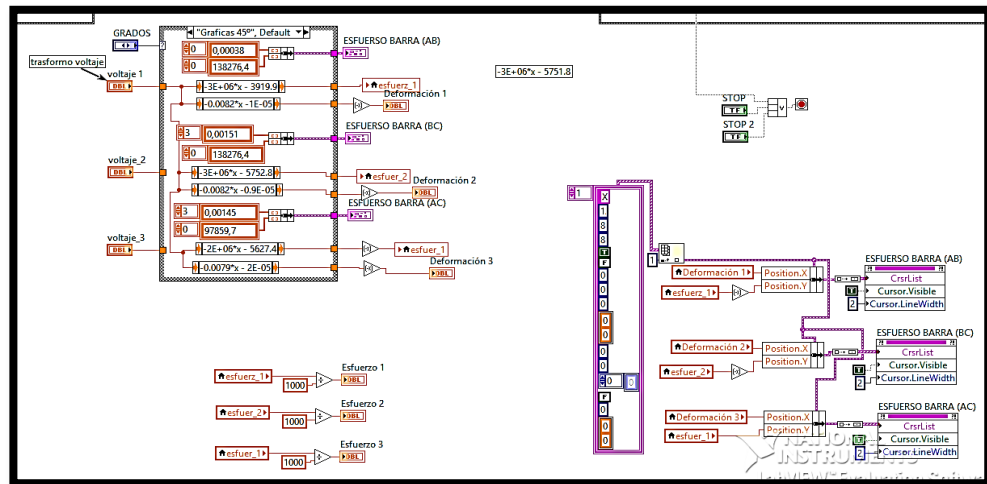


Figura 4.31: Interpretación de ecuaciones sustentadas

Fuente: El Autor

4.3.9 Control automático activación y desactivación de las sensor.

A través de la NI myDAQ se tiene el control total de las entradas y salidas por lo que el proceso de activación de la sensores se lo realiza a través de la myDAQ que envía señales para su efecto.

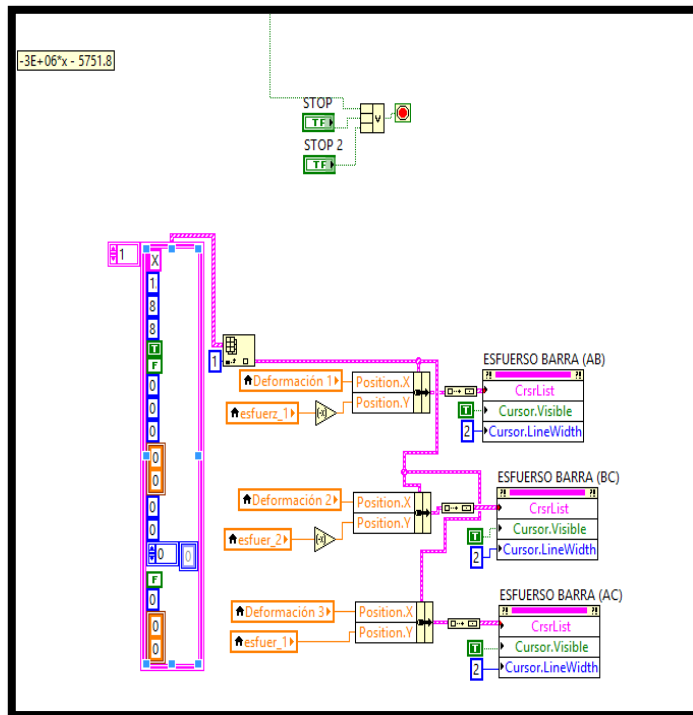


Figura 4.32. Activación y desactivación sensor

Fuente: El Autor

4.4 Medición del peso en función del voltaje.

Para determinar la escala de medición del peso en función del voltaje se realizó el siguiente procedimiento, se coloca sensores infrarrojos en las secciones para ir registrando por cada milímetro cuanto voltaje suministra, conforme se va aumentando la carga.

Se procede a colocar de menor mayor progresivamente las cargas sobre el disco nodal, de allí se procede hacer las mediciones del desplazamiento en función del voltaje. Se realizaron 3 pruebas para sustentar datos constantes del sensor como muestra en las siguientes tablas.

Tabla 4.22: Distancia en función en voltaje de la sección AB

CARGA (Kg)	VOLTAJE (V)	DISTANCIA (0,001mm)
0	0	0
3,2	-0,05	9,5
6,4	-0,08	17,8
9,6	-0,12	27
12,8	-0,16	35,1

Fuente: El Autor

En la figura 4.33 se muestra la linealidad entre el voltaje y el sensor infrarrojo de la sección AB.

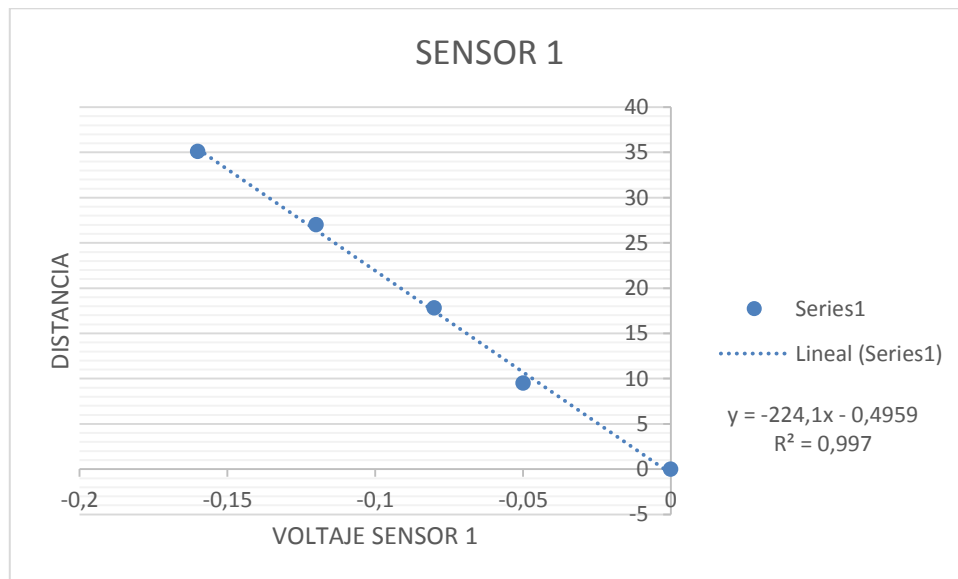


Figura 4.33: Distancia vs Voltaje sección AB

Fuente: El Autor

Para el sensor infrarrojo de la sección BC se muestran en la siguiente tabla los valores correspondientes:

Tabla 4.23: Distancia en función en voltaje de la sección BC

CARGA (Kg)	VOLTAJE (V)	DISTANCIA (0,001mm)
0	0	0
3,2	-0,04	10
6,4	-0,08	18
9,6	-0,11	29
12,8	-0,16	34

Fuente: El Autor

En la figura 4.34 se muestra la linealidad entre el voltaje y el sensor infrarrojo de la sección BC.

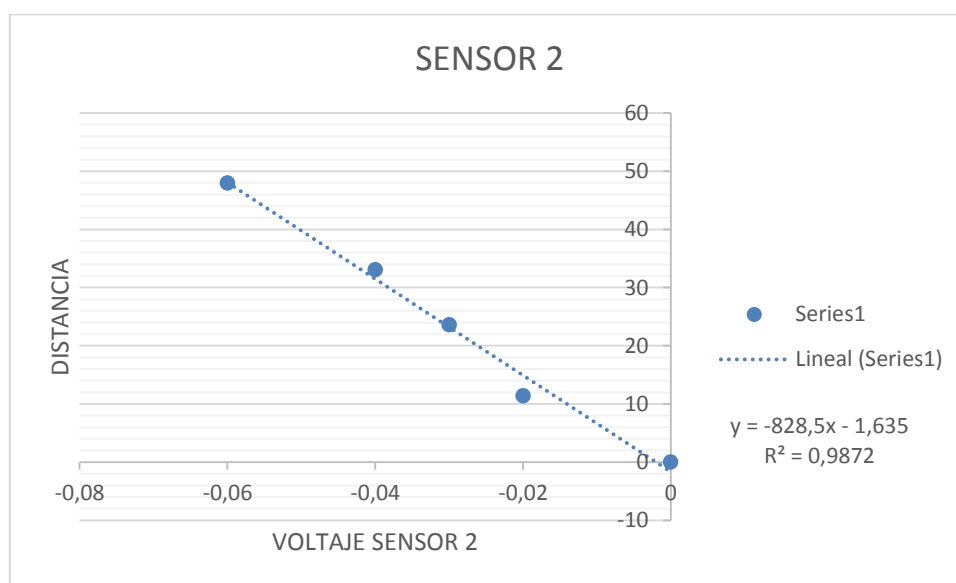


Figura 4.34. Distancia vs Voltaje sección BC

Fuente: El Autor

Para el sensor infrarrojo de la sección AC se muestran en la siguiente tabla los valores correspondientes:

Tabla 4.24: Distancia en función en voltaje de la sección AC

CARGA (Kg)	VOLTAJE (V)	DISTANCIA (0,001mm)
0	0	0
3,2	0,02	6
6,4	0,04	11,5
9,6	0,07	22
12,8	0,09	27

Fuente: El Autor

En la figura 4.35 se muestra la linealidad entre el voltaje y el sensor infrarrojo de la sección AC

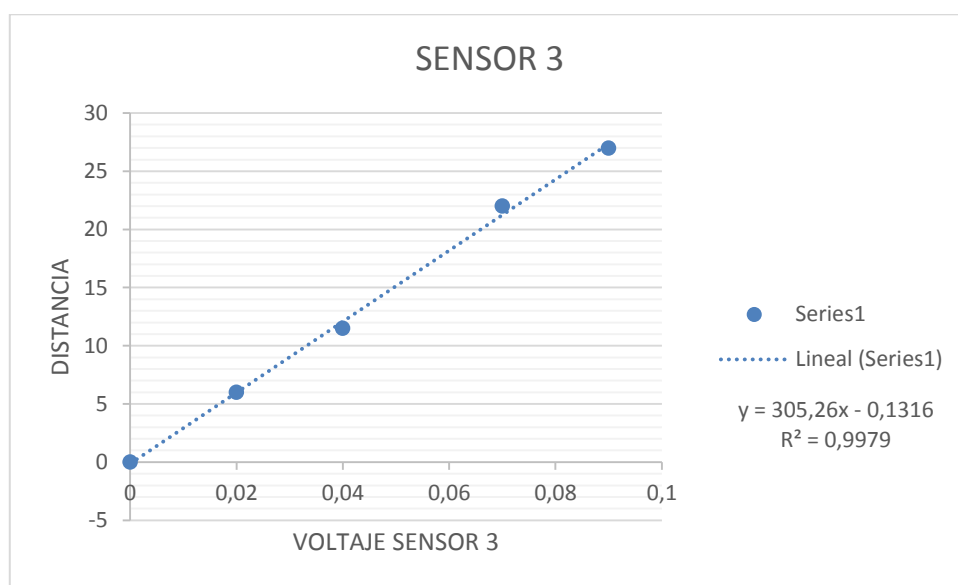


Figura 4.35: Distancia vs Voltaje sección AC

Fuente: El Autor

Como se puede apreciar en las tablas anteriores los datos generados al aumentar las cargas fueron constantes en cada valor, en consecuencia la escala de medición distancia en función de voltaje es lineal.

4.5 Cálculo de error entre esfuerzos experimental y teórico.

A partir los resultados calculados y de los ensayos experimentales en este capítulo se encontró la variación de valores que existe en la cual se detalla a continuación.

Tabla 4.25: Error de valores calculados y experimentales de la sección AB

Configuración	Esfuerzos kPa			
	Carga (Kg)	AB		
		Calculado	Exp.	Error %
45° - 90° - 45°	3,2	138,28	136,60	1,21
	6,4	276,55	279,10	0,92
	9,6	414,83	417,95	0,75
	12,8	553,11	558,75	1,02
60° - 60° - 60°	3,2	112,81	113,82	0,90
	6,4	225,61	227,32	0,76
	9,6	338,42	339,98	0,46
	12,8	451,22	451,70	0,11

Fuente: El Autor

Tabla 4.26: Error de valores calculados y experimentales de la sección BC

Configuración	Esfuerzos kPa		
	BC		
	Calculado	Exp.	Error %
45° - 90° - 45°	138,28	137,97	0,22
	276,55	273,99	0,93
	414,83	412,35	0,60
	553,11	549,91	0,58
60° - 60° - 60°	112,81	111,73	0,95
	225,61	227,01	0,62
	338,42	335,98	0,72
	451,22	451,49	0,06

Fuente: El Autor

Tabla 4.27: Error de valores calculados y experimentales de la sección AC

Configuración	Esfuerzos kPa		
	AC		
	Calculado	Exp.	Error %
45° - 90° - 45°	97,86	99,22	1,39
	195,72	197,37	0,84
	293,58	295,99	0,82
	391,44	393,85	0,62
60° - 60° - 60°	56,40	56,90	0,88
	112,81	112,01	0,71
	169,21	167,98	0,73
	225,61	225,73	0,05

Fuente: El Autor

La determinación del error absoluto es:

Error Absoluto %	0,70
-------------------------	------

Se determinó que el error es menor del 1 % lo que se concluye que los datos experimentales y calculados son aceptables.

4.6 Verificación de la hipótesis

La verificación de la hipótesis se basa en el cálculo del error y la selección que se realizó mediante ponderaciones y con el análisis e interpretación de resultados, se estableció que el error es menor del 1 %, debido a que se ajusta a los parámetros requeridos para el banco de ensayos.

La fusión de todos los elementos indicados anteriormente logra un correcto funcionamiento del mismo para determinar esfuerzos en celosías simples.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

➤El sistema de control que posee el banco de pruebas es del tipo automático, está constituido por la interfaz gráfica la cual controla el usuario manualmente para ingresar los datos que envían señales desde el computador hacia la tarjeta Arduino con el circuito de control, que toma lecturas a través de los sensores los cuales registran la deformación en las secciones del prototipo.

➤El sistema de adquisición de datos demuestra un error menor del 1% en los valores correspondientes a esfuerzos en sus puntos de medición, verificando su correcto funcionamiento y su demostración práctica.

➤Tras el estudio realizado en el capítulo 4, se halló que la opción más viable para el banco de pruebas, fue el sistema de obtención de datos a través del sensor infrarrojo que proporciona lecturas estables y con bajo error. Opción que fue basada en su accesibilidad y su relativo bajo costo de adquisición.

➤Los relojes comparadores sobrepasan un error general del 10% en sus mediciones análogas, por lo cual se escoge el sistema de medición por sensores infrarrojos con un rango mínimo de error para la toma digital de datos.

➤Una vez que se realizó los ensayos con las respectivas masas, se encontró que la magnitud de carga que se aplica al espécimen oscila entre el valor mínimo de 3,20Kg y el máximo de 12.8 Kg. Que fueron tomados como referencia junto con sus datos matemático de esfuerzo y deformación para crear la obtención digital de datos.

➤El banco de pruebas no presentó una deformación característica con su carga máxima, debido a que el material regresó a su forma original después de retirada la carga aplicada; este tipo de fenómeno corresponde a un límite de proporcionalidad.

➤La técnica para la determinación de deformaciones con sensores infrarrojos es extremadamente confiable y versátil, ha existido desde hace mucho tiempo atrás pero ha sido de poca utilización en nuestro medio.

➤Bajo el cálculo matemático de la ley de Hooke en el sistema, se demostró que para el material en su zona elástica, la línea recta indica que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo.

➤Para mostrar datos obtenidos en las prácticas se ve necesario un sistema amigable hacia el usuario, esto lo hace la tarjeta Arduino y la comunicación con una computadora, para visualizar la gráfica esfuerzo – deformación.

5.2 RECOMENDACIONES

➤Los medidores de deformación que se analizan debe ser aquellos que se encuentran en el país para evitar importación y esto conlleve a mayor costo y demora de los equipos.

➤Al trabajar con la tarjeta de adquisición de datos, se debe tomar en cuenta las características y el voltaje de funcionamiento para evitar daños en el equipo.

- Es importante realizar un análisis económico para poder adquirir los equipos y facilitar la construcción del banco de pruebas de deformación en celosías simples.

- Realizar pruebas de salida de voltaje con el sensor infrarrojo para seleccionar el de mejor estabilidad y obtener datos acertados.

- No acercar ningún elemento electromecánico que pueda irradiar magnetismo vibraciones, ya que puede interferir con las lecturas en el sistema de adquisición de datos.

- Para la toma de lecturas, la colocación del peso debe ser de manera lenta que permita un asentamiento suave, facilitando la lectura de datos y su correspondiente fluctuación.

CAPITULO VI

6 PROPUESTA

GUÍA DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LOS ESFUERZOS EN CELOSÍAS SIMPLES EN LOS LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

6.1 DATOS INFORMATIVOS

Para el estudio de celosías simples, se debe considerar varios aspectos, entre los cuales se tiene; el equipo requerido, diseño y construcción, cargas aplicables, adquisición de resultados y formulación de una guía práctica.

La prioridad del diseño y construcción de la máquina para ensayos de celosías simples se basa en: el espacio que requiere para su ubicación en un laboratorio, la facilidad de operación del equipo, los instrumentos requeridos para la adquisición de los resultados.

Se utilizará un sistema de 3 barras, con sensores infrarrojos para su medición, múltiples cargas para generar puntos de adquisición de datos, también se ha incluido discos nodales que se conectan entre sí de forma articulada.

Se incluye dos discos nodales que constituyen los apoyos (fijo y libre) y se sujetan a la base. En el nudo superior se aplica la carga mediante pesas.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La realización de un estudio de celosías simples para elaborar la guía práctica en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, se debe considerar el costo del proyecto, la factibilidad y el beneficio estimado, y el valor económico.

Se requiere un sistema de alta precisión y una extensa investigación sobre estos, sin embargo las prestaciones y el desarrollo que genera todo el equipo se hace necesario establecer una guía de laboratorio.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La tecnología para la globalización y la ingeniería de procesos dan como resultado el desarrollo de sistemas de automatización que nos permite dar ventaja competitiva en el mercado, utilizándolos para desarrollar productos, servicios, procesos y capacidades que le dan una ventaja estratégica sobre las fuerzas competitivas que enfrenta.

La importancia de implementar sistemas de celosías simples y guías prácticas dentro de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato; para presentar un alto porcentaje de calidad y precisión en el desarrollo de ensayos propios de la Ingeniería Mecánica.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo general

- Establecer en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, la guía práctica de laboratorio para ensayos de celosías simples.

6.4.2 Objetivos específicos

- Implementar un formato para la práctica de esfuerzos en celosías simples.
- Suministrar un proceso de instalación de puesta en marcha para el banco de ensayos de celosías simples.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.5.1 Tecnológico-Económico

La factibilidad del recurso tecnológico es primordial, debido al desarrollo del país en este aspecto la obtención del sistema de adquisición de datos con la técnica de medición por sensores infrarrojos, que requiere dispositivos de alta precisión, así como al equipo requerido para el procesamiento de la información obtenida con este método, y también a las partes y materiales para la fabricación de la máquina de esfuerzos en celosías simples, la cual no presenta ninguna dificultad en cuanto a su diseño y construcción.

6.5.2 Ambiental

No se ha registrado ningún tipo de contaminación al medio ambiente tanto en procesos de fabricación de la máquina de ensayos, como en los sistemas electrónicos.

Es importante destacar que todos los componentes son importados, manteniendo la característica principal de funcionamiento sin presencia de desechos y que su principal preocupación es el medio ambiente, siendo esta también nuestra responsabilidad.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

En el desarrollo del proyecto los parámetros bajo los cuales se considera las cargas aplicadas, materiales constitutivos, características del ensayo, recolección e interpretación de resultados.

Es así que para determinar las gráficas de esfuerzo deformación y comparar con su homólogo proceso matemático se desarrolló el software de adquisición de datos para celosías simples.

Dimensiones del banco de pruebas en celosías simples.

Para su dimensionamiento se tomó en cuenta que el banco de pruebas sea un instrumento didáctico, por tal que sea de un fácil transporte y su ubicación sea accesible en cualquier lugar, las dimensiones resultantes fueron las siguientes:

Altura del prototipo 800 mm.

Ancho del prototipo 400 mm.

Largo del prototipo seleccionado 1400 mm.

6.6.1 Características del material que conforma el banco de pruebas

El material que conforma el prototipo es Acero AISI 1018, que debe cumplir con las características mecánicas necesarias para un buen funcionamiento.

6.6.2 Costo del banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples

El costo del banco pruebas es un ítem importante en la construcción del prototipo, depende de los elementos que serán empleados y formaran parte de todo el equipo, en el capítulo IV se ponderó el más eficiente y accesible en costo.

6.6.3 Mantenimiento

El mantenimiento es uno de los puntos que se debe tomar en cuenta en el ámbito financiero, debe ser rápido y ocasional para evitar que el prototipo quede inutilizado y no se pueda realizar ensayos:

- No dejar bajo carga el sistema de celosía, mientras no se esté dando uso.
- Mantener lubricado el eje guía y los bocines en movimiento.
- Cubrir los sensores para evitar la entrada de polvo y similares.
- No sobre-esforzar los pernos.

6.6.4 Sistemas que constituyen el banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples

El banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples está constituido de varios sistemas y cada uno de ellos trabaja en forma conjunta para cumplir determinada función.

6.6.4.1 Sistema eléctrico

Se encarga de accionar cada uno de los sistemas, controlando el correcto trabajo de cada uno de sus elementos principales, lo constituye:

- Sensores infrarrojos
- Cables de conexión
- Tarjeta de adquisición
- ARDUINO

6.6.4.2 Sistema de control automático

Se encarga de cumplir la ejecución de órdenes que el usuario envía desde la computadora para su accionar.

6.7 METODOLOGÍA

El equipo se compone de tres barras, que se conectan entre sí de forma articulada con discos nodales. Una barra de longitud variable permite montar la celosía con diferentes ángulos. Las barras se encajan en los discos a través de pernos. Dos de los discos nodales constituyen los apoyos (fijo y libre) y se sujetan a la base.

En el nudo superior se aplica la carga mediante pesas.

6.7.1 Base

Para la construcción de la base se utilizó acero A36 de 500 mm de largo y 500 mm de ancho con la cual fue doblada para formar la base a continuación se le realizó dos perforaciones de $\frac{3}{4}$ plg para la sujeción del eje guía.



Figura 6.1: Base

Fuente: El Autor

6.7.2 Eje guiador

Para la construcción del eje guiador se utilizó acero AISI 1018 de diámetro de 25 mm se realizó un fresado de 8 mm de ancho, largo de 418 mm y 2 mm de profundidad para la sujetar el bocín deslizante con pernos M8.



Figura 6.2: Eje guiador y bocín deslizante

Fuente: El Autor

6.7.3 Barras

Para la construcción de las barras se utilizó acero AISI 1018 en las cuales se cortó en secciones para la colocación de los relojes comparadores y sensores infrarrojos y la sujeción de las pletinas en conjunto con bocines y pernos M6.



Figura 6.3: Barras, sensor infrarrojo y reloj comparador.

Fuente: El Autor

6.7.4 Discos nodales

Para la construcción de los discos nodales se utilizó acero A36 de diámetro de 100 mm y un espesor de 4 mm se realizó 13 perforaciones de 8 mm para la sujeción de las barras entre si y perforaciones adicionales para sujetar los pesos y los bocines de apoyo en ambos extremos.



Figura 6.4: Disco Nodal.

Fuente: El Autor

6.7.5 Guía Práctica para ensayos en Celosías



Practica N° 001 FICM

Supervisado por:

Nivel:

1. TEMA:

Ensayo en celosías para configuración de (90-45-45) grados y (60-60-60) grados.

2. OBJETIVOS:

2.1 Objetivo General

Obtener gráficas de esfuerzo deformación para las configuraciones y cargas aplicables a los sistemas de celosías.

2.2 Objetivos Específicos

- Obtener valores de esfuerzo y deformación por método matemático
- Interpretar valores obtenidos en comparación a los valores arrojados en el software diseñado para el objetivo.
- Realizar la práctica y analizar el comportamiento de la celosía a diferentes estados de carga.

3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Banco de ensayos construido en Acero AISI 1018

- Cargas de (3,2 – 6,4 – 9,6 – 12,8) Kg

-Tarjeta de adquisición de datos

-Software diseñado para el objetivo

4. FUNDAMENTO TEÓRICO

El banco de pruebas está basado en una celosía móvil, con un punto fijo y otro móvil, las cargas descritas se colocan en el punto superior de la celosía y a través de unos relojes comparadores se obtienen valores de desplazamiento con los cuales se construye un modelo matemático que fue introducido al software que a su vez toma valores de desplazamiento con sensores de desplazamiento incrustados en la celosía y que devuelve valores de esfuerzo y deformación para poder ser utilizados en la construcción de una gráfica con aquellas características.

Reloj comparador

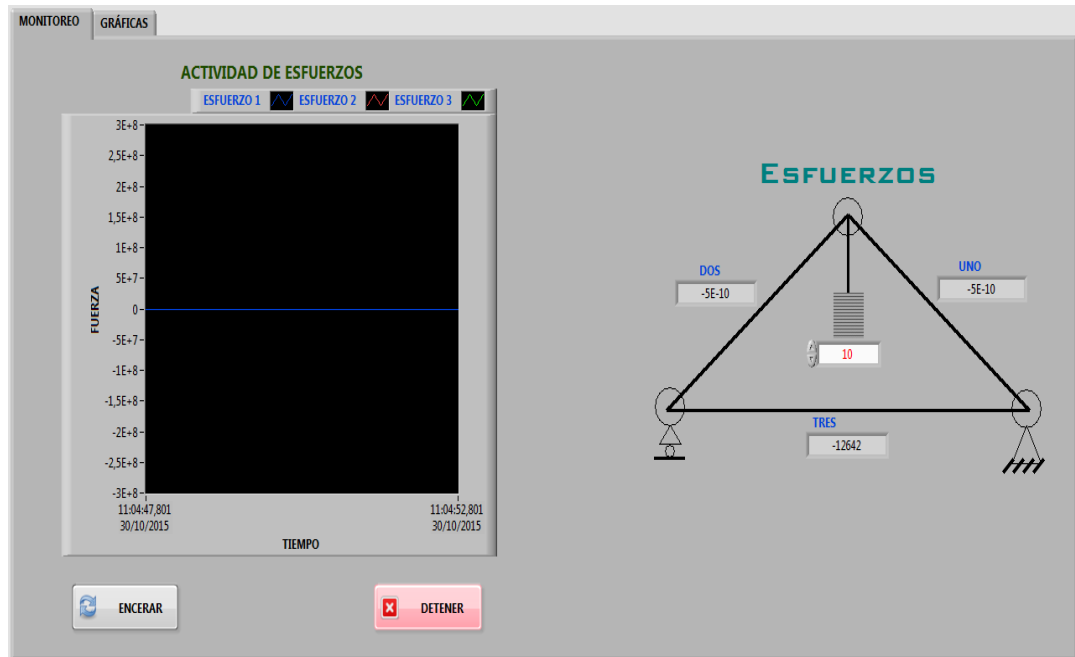
Es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comparar cotas mediante la medición indirecta del desplazamiento de una punta “DE” de contacto esférica cuando el aparato está fijo en un soporte. Consta de un mecanismo de engranajes o palancas que amplifica el movimiento del vástago en un movimiento circular de las agujas sobre escalas graduadas circulares que permiten obtener medidas con una precisión de centésimas o milésimas de milímetro (micras).

Sensor acoplado para medición de desplazamientos CNY70

El CNY70 es un sensor de infrarrojos de corto alcance basado en un emisor de luz y un receptor, ambos apuntando en la misma dirección, y cuyo funcionamiento se basa en la capacidad de reflexión del objeto, y la detección del rayo reflectado por el receptor.

Software de adquisición de datos

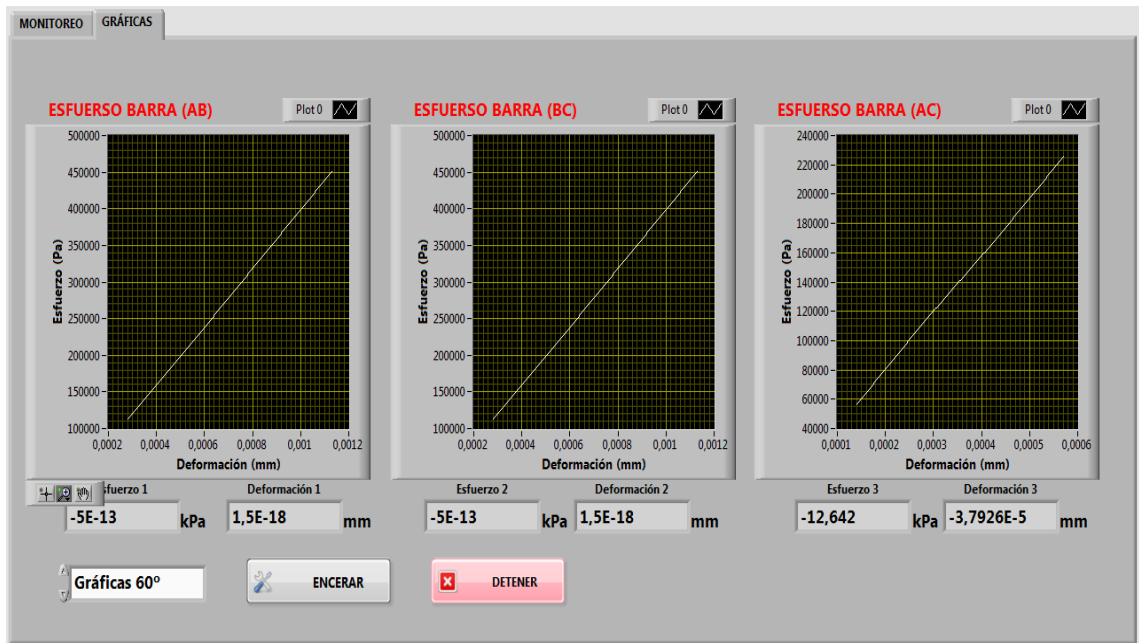
En la primera grafica se muestra la señal de los voltajes adquiridos al colocar un peso sobre la estructura; mientras que a su lado derecho se halla mostrado los esfuerzos que se generan dentro de cada uno de las barras.



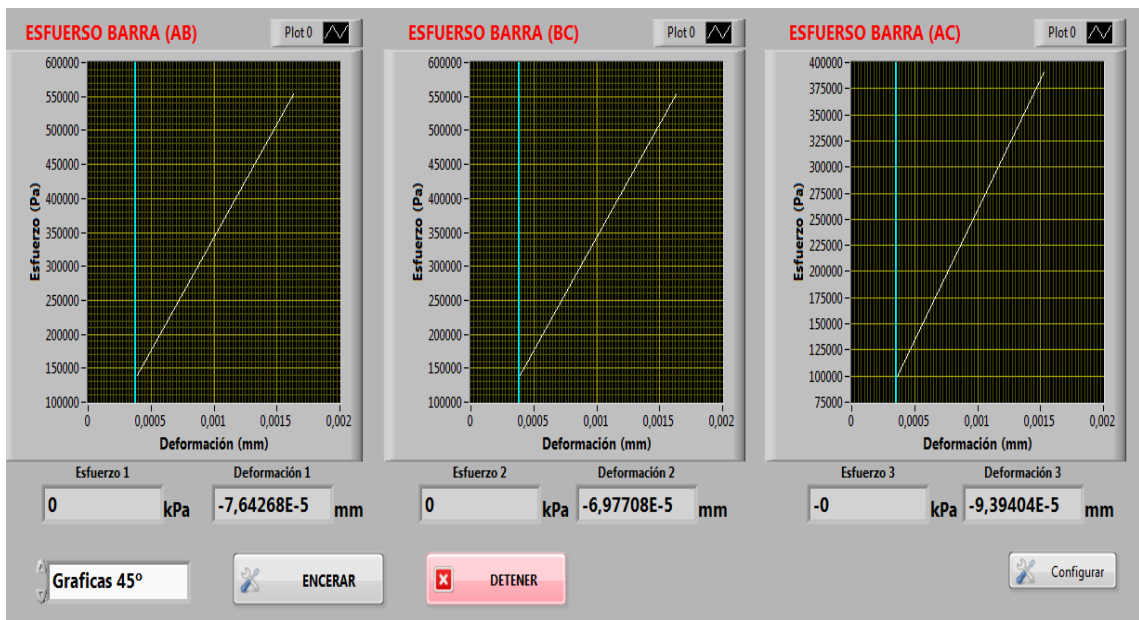
En la segunda grafica se muestra las tres graficas de esfuerzo-deformación correspondientes a cada barra, además de mostrar valores de esfuerzo y deformación en valores instantáneos para su lectura.

En la parte inferior de la pantalla existe un selector para cada configuración.

Selector para la configuración de 60°-60°-60°.



Selector para la configuración de 45°-90°-45°



5. PROCEDIMIENTO

5.1. Calibración del Banco de pruebas

Se sitúa el banco en la configuración necesaria.



Se mide los ángulos a través de una escuadra y se ajusta los puntos de sujeción con los pernos existentes.



Aplicando un peso de 3,2 Kg en su punto de sujeción, comprobamos las lecturas de los relojes comparadores.

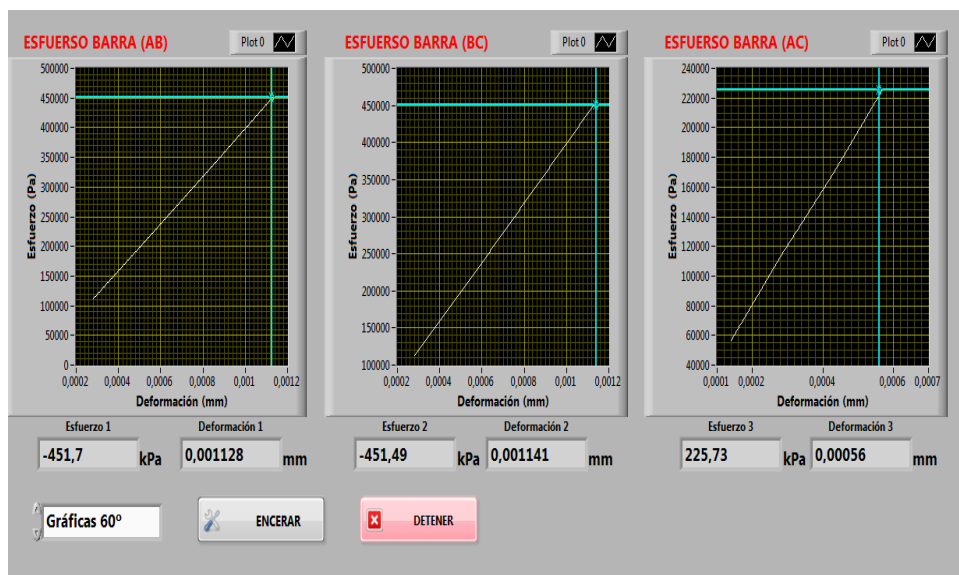


Reajustamos la estructura hasta que al aplicar el peso los relojes comparadores de los lados obtengan una lectura igual.

5.2. Aplicación de carga.

Aplicar consecutivamente la carga de menor a mayor y obtener los valores en la pantalla principal del programa.

Comparar los valores obtenidos con el procedimiento matemático correspondiente.



6. RESULTADOS

Configuración	Carga (Kg)	AB		
		Calculado kPa	Exp. kPa	Error%
45° - 90° - 45°	3,2	138,28	136,60	1,21
	6,4	276,55	279,10	0,92
	9,6	414,83	417,95	0,75
	12,8	553,11	558,75	1,02
60° - 60° - 60°	3,2	112,81	113,82	0,90
	6,4	225,61	227,32	0,76
	9,6	338,42	339,98	0,46
	12,8	451,22	451,70	0,11

BC		
Calculado kPa	Exp. KPa	Error%
138,28	137,97	0,22
276,55	273,99	0,93
414,83	412,35	0,60
553,11	549,91	0,58
112,81	111,73	0,95
225,61	227,01	0,62
338,42	335,98	0,72
451,22	451,49	0,06

AC		
Calculado kPa	Exp. kPa	Error%
97,86	99,22	1,39
195,72	197,37	0,84
293,58	295,99	0,82
391,44	393,85	0,62
56,40	56,90	0,88
112,81	112,01	0,71
169,21	167,98	0,73
225,61	225,73	0,05

Ficha de Recolección de datos.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
MÁQUINA		ESFUERZOS EN CELOSÍAS SIMPLES				
CARGA		Kg				
CONFIGURACIÓN						
SECCIÓN /FUERZA (N)	EXPERIMENTAL		CALCULADO		ERROR	
	Esfuerzo (K.Pa)	Desplazamiento (mm)	Esfuerzo (K.Pa)	Desplazamiento (mm)	%	
AB						
BC						
AC						
AB						
BC						
AC						
AB						
BC						
AC						
AB						
BC						
Nombre :				Fecha:		

6.8 ADMINISTRACIÓN

A continuación se detalla cada uno de los gastos que fueron realizados para la construcción y puesta en funcionamiento del banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples, los gastos se dividen de la siguiente forma: costos directos y costos indirectos.

6.8.1 Costos directos

Los costos directos son todos los materiales que fueron empleados para la construcción del banco de pruebas y se dividen de la siguiente manera:

➤ Materiales mecánicos

➤ Materiales eléctricos

6.8.1.1 Costos de materiales

Las tablas siguientes muestran el costo de cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples.

Tabla 6.1: Costo de materiales mecánicos

N°-	Descripción	Unidad	Total	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
1	Pletina de 500 x 500 x 4 mm SAE 1018	U	2	5	10
2	Eje \varnothing 25 x 1000 mm	U	1	10	10
3	Eje \varnothing 14 x 2000 mm	U	1	15	15
4	Cilindro \varnothing 20 x 500 mm	U	1	5	5
5	Cilindro \varnothing 10 x 500 mm	U	1	5	5
6	Placa 2000 x 2000 x 4 mm A36	U	2	30	60
7	Pernos 3/4 x 1 plg	U	20	0,78	15,6

8	Pernos 3/8 x 1 plg	U	10	0,25	2,5
9	Reloj Comparador	U	3	25	75
10	Llaves	U	5	4	20
11	Electrodo E6011	lb	2	3,6	7,2
12	Sección cuadrada de 20 x20 mm	U	3	4	12
13	Sección cuadrada de 15 x15 mm	U	4	2	8
14	Disco de corte	U	2	3	6
15	Juego de Machuelos M8 y M10	U	1	30	30
16	Cromado	U	1	50	50
				Total	331,3

Fuente: El Autor

Tabla 6.2: Costo de materiales eléctricos.

N°-	Descripción	Unidad	Total	Precio Unitario [€]	Precio Total [€]
16	Sensor infrarrojo	U	4	5	20
17	Tarjeta Arduino	U	1	20	20
18	Resistencias (valores varios)	U	1	15	15
19	Cables y conectores	U	6	6	36
20	Estaño	U	1	3	3
21	Pomada	U	1	2,5	2,5
22	Cautín	U	1	3,5	3,5
23	Integrados de prueba	U	2	5	10
				Total	110

Fuente: El Autor

En las tablas anteriores se presenta detallado cada uno de los materiales que se utilizó para la construcción del banco de pruebas, se realizó la suma total de cada una de ellas para obtener el costo directo, el cual llega a un monto de: \$ 441,30

6.8.2 Costos indirectos

Estos costos corresponden a los servicios que se requirieron en el transcurso de la construcción como: mano de obra, maquinaria externa utilizada y gastos varios para culminar el proyecto de investigación.

Tabla 6.3: Costo por mano de obra.

N°-	Función	Horas de Trabajo	Costo por Hora	Sub Total \$
1	Metalmecánico	40	5	200
2	Ayudante	50	2,5	125
			Total	325

Fuente: El Autor

Tabla 6.4: Costo máquina herramienta.

N°_	Descripción	Horas de Trabajo	Costo por Hora	Sub Total \$
1	Fresadora	10	15	150
2	Torno paralelo	15	5	75
3	Herramientas auxiliares	10	2	20
4	Taladro de pedestal	5	2	10
5	Dobladora	2	3	6
			Total	261

Fuente: El Autor

Tabla 6.5: Costos varios.

N°-	Descripción	Unidad	Total	Precio Unitario [\$]	Precio Total [\$]
1	Hojas	Resma	3	5	15
2	Impresiones	U	800	0,05	40
3	CD	U	5	1	5
4	Copias	U	100	0,02	2
5	Internet	U	50	0,8	40
				Total	102

Fuente: El Autor

Los costos indirectos son necesarios para continuar con el propósito de la construcción del banco de pruebas de esfuerzos en celosías simples, aquellos gastos abarcaron un monto total de: \$ 688.

6.8.3 Costo total de la inversión

El costo total de toda la inversión abarca la suma del costo directo y el costo indirecto más el 10% del subtotal por imprevistos que ocurra en el proceso de elaboración del proyecto de investigación.

Tabla 6.6: Costo total.

Costos	Valor [\$]
Directo	441,3
Indirecto	688
Sub Total	1129,3
10% Imprevisto	112,93
Total	1242,23

Fuente: El Autor

6.8.4 Financiamiento

El costo total del proyecto es de \$1242,23 dólares, valor que fue cubierto totalmente por el autor del tema de investigación.

A este valor se descarta el cálculo financiero como: TIR (Tasa interna de retorno), VAN (Valor actual neto), TMAR (Tasa mínima aceptable de retorno), por la razón que no es un activo fijo destinado a la recuperación de la inversión, más bien su enfoque radica en el aporte para el laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica, orientado para realizar prácticas de esfuerzos en celosías simples.

6.8.5 Previsión de la evaluación

El presente prototipo muestra correctas funcionalidades y características pero a futuro se podría hacer las siguientes mejoras a la propuesta.

Realizar un plan de mantenimiento de los accesorios, partes y sistemas del banco de pruebas para mantener el buen estado del equipo.

Realizar futuras prácticas en diferentes configuraciones y comparar resultados.

6.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Altamirano, W. (2010). Diseño estructural de pórtico metálico para nave industrial con puente grúa. Universidad Estatal de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Cuenca, Ecuador.
2. Budynas, R. G. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: McGraw-Hill.
3. Buenaventura, M. (1996). Cálculos y ensayos: Estudio de los proyectos / 1 (Primera ed.). Paris: EDITIONS EYROLLES y EDITIONS TECHNIQUES.
4. Faires, V. (2004). Diseño de elementos de máquinas. México: Limusa.
5. Meriam, J. L. (1999). Mecánica para ingenieros, estática (TERCERA ed.). Barcelona: Editorial Reverte S. A.
6. Norton, R. L. (2003). Diseño de máquinas. Mexico: Prentice Hall.
7. Quintas, V. (Marzo de 1992). Sobre las formas de mínimo volumen de las celosías de sección constante. E. T. S. Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

8. Rodriguez, M. (2013). Elasticidad y resistencia de materiales II (PRIMERA ed.). Madrid: UNED.
9. Semblantes, M. (Noviembre de 2010). Diseño de una torre de transmisióin electrica autosoportada para una línea de 69 KV. Escuela Politécnica nacional,
10. West, H. (1992). Analisis de estructuras. Mexico: Continental.
11. Directindustry. (15 de 01 de 2015). Directindustry.es. Obtenido de Directindustry.es: www.directindustry.es/prod//ibertest/extensometros-laser-29629-605634.html
12. Medina, J. (2012). mecatronica4b.blogspot.com. Obtenido de <http://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html>
13. Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador.
14. Tecnosefared. (05 de 01 de 2015). tecnosefared.com. Obtenido de <http://www.tecnosefared.com/2014/03/sensor-de-infrarrojos-cny70-como-entrada-digital/>
15. Xuletas. (2014). Xuletas. Obtenido de <http://www.xuletas.es/ficha/laboratorio-de-ensayos/>

ANEXOS

Anexo A

PERFILES LAMINADOS PLATINAS

ESPECIFICACIONES

CALIDAD ASTM A36 SAE 1008
OTRAS CALIDADES Previa Consulta
LARGO NORMAL 6,00 m
OTROS LARGOS Previa Consulta
ACABADO Natural
OTRO ACABADO Previa Consulta



PLATINAS

DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 30X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00

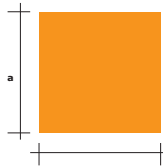


Anexo B

Especificaciones Generales

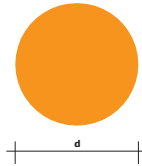
PERFILES LAMINADOS	Calidad	ASTM A 36
	calidades	Previa Consulta
	Largo normal	6,00m.
	Otros largos	Previa Consulta
	Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta	

VARILLA CUADRADALISA



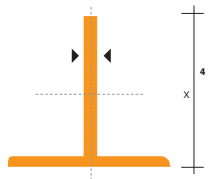
DENOMINACION	LADO		PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2	
VCU 5/16	8.0	0.57	3.41	0.72	
VCU 3/8	9.0	0.64	3.83	0.81	
VCU 1/2	11.0	0.95	5.70	1.21	
VCU 5/8	15.0	1.77	10.60	2.25	
VCU 3/4	18.0	2.54	15.26	3.24	
VCU 24,5	24.5	4.72	28.30	6.00	

VARILLA REDONDALISA



DENOMINACION	DIAMETRO	PESO		AREA
	mm	kg/m	kg/6m	cm2
VRL 5,5	5.5	0.34	2.04	0.43
VRL 8	8.0	0.50	2.96	0.63
VRL 10	10.0	0.62	3.70	0.79
VRL 12	12.0	0.89	5.33	1.13
VRL 15	15.0	1.39	8.32	1.77
VRL 18	18.0	2.00	11.98	2.55
VRL 22	22.0	2.98	17.90	3.80
VRL 24,5	24.0	3.70	22.20	4.71

TEES



DENOMINACION	DIMENSIONES			PESO		AREA
	mm			kg/m	kg/6m	cm2
	a	b	e			
TEE 20X3	20	20	3	0.90	5.40	1.15
TEE 25X3	25	25	3	1.19	7.14	1.52
TEE 30X3	30	30	3	1.41	8.48	1.80

Anexo C

ACERO AISI-SAE 1018 (UNS G10180)

1. Descripción: este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A 108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 126 HB (71 HRb)
Esfuerzo de fluencia 370 MPa (53700 PSI)
Esfuerzo máximo 440 MPa (63800 PSI)
Elongación máxima 15% (en 50 mm)
Reducción de área 40%
Modulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)
Maquinabilidad 76% (AISI 1212 = 100%)

4. Propiedades físicas: Densidad 7.87 g/cm³ (0.284 lb/in³)


5. Propiedades químicas: 0.15 – 0.20 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: se utiliza en operaciones de deformación plástica como remachado y extrusión. Se utiliza también en componentes de maquinaria debido a su facilidad para conformarlo y soldarlo. Piezas típicas son los pines, cuñas, remaches, rodillos, piñones, pasadores, tornillos y aplicaciones de lámina

NOTA:

Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

Anexo D

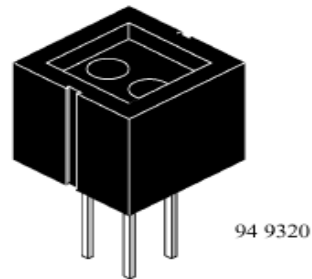
	CNY70
	Vishay Telefunken

El Sensor Óptico reflexivo con salida a

Transistor Descripción

El CNY70 es un sensor óptico reflexivo que tiene una construcción compacta donde el emisor de luz y el receptor se colocan en la misma dirección para detectar la presencia de un objeto utilizando la reflexión del infrarrojo sobre el objeto.

La longitud de onda de trabajo es 950nm. El detector consiste en un fototransistor.



Aplicaciones

Escáner optoelectrónico y detector de movimiento de objetos es decir, sensor de índice, lectura de discos codificados etc., (codificador optoelectrónico montado como sensor de cambio de marcha)

Características

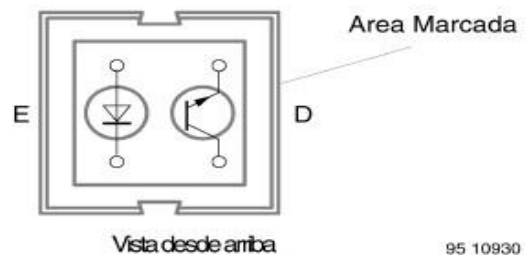
La construcción compacta con distancia de del centro-a-centro de 0.1" (pulgadas) entre emisor y receptor

No necesita ningún ambiente especial Señal de salida alta

El coeficiente de temperatura bajo

Detector provista de filtro óptico

El ratio de corriente de transferencia (CTR) típico es del 5%



Indicaciones de Medida

Código	Distancia del sensor	Comentarios
CNY70	0,3 mm	

Valores máximos absolutos

Entrada (Emisor)				
Parámetro	Condiciones de Test	Símbolo	Valor	Unidades
Tensión Inversa		V_R	5	V
Corriente Directa		I_F	50	mA
Corriente directa de Sobretensión	$T_p < 10 \mu s$	I_{FSM}	3	A
disipación de Potencia	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	100	mW
Temperatura de la unión		T_j	100	$^\circ C$

Salida (Detector)				
Parámetro	Condiciones de Test	Símbolo	Valor	Unidades
Tensión Colector Emisor		V_{CEO}	32	V
Tensión Colector Emisor		V_{ECO}	7	V
Corriente de Colector		I_C	50	mA
Disipación de Potencia	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	100	mW
Temperatura de la unión		T_j	100	$^\circ C$

Acoplamiento				
Parámetro	Condiciones de Test	Símbolo	Valor	Unidades
Disipación total del potencia	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_{tot}	200	mW
Rango de temperatura ambiente		T_{amb}	-55 a +85	$^\circ C$
Rango de temperatura de almacenamiento		T_{stg}	-55 a + 100	$^\circ C$
Temperatura de soldadura		T_{sd}	260	$^\circ C$

Características Eléctricas ($T_{amb} = 25^\circ C$)

Entrada (Emisor)						
Parámetro	Condiciones de Test	Símbolo	Min	Typ	Max	Unidades
Corriente Directa	$I_F = 50 \text{ mA}$	V_F		1.25	1.6	V

Salida (Detector)						
Parámetro	Condiciones de Test	Símbolo	Min	Typ	Max	Unidades
Tensión Colector Emisor	$I_C = 1 \text{ mA}$	V_{CEO}	32			V
Tensión Colector Emisor	$I_E = 100 \mu A$	V_{ECO}	5			V
Corriente de fuga	$V_{CE} = 20V, I_F = 0, E = 0$	I_{CEO}			200	nA

Acoplamiento						
Parámetro	Condiciones de Test	Símbolo	Min	Typ	Max	Unidades
Corriente de Colector	$V_{CE} = 5V, I_F = 20 \text{ mA}, D = 0.3 \text{ mm}$ (figura 1)	$I_C^{(1)}$	0.3	1.0		mA
Corriente cruzada de	$V_{CE} = 5V, I_F = 20$ (figura 1)	$I_{CX}^{(2)}$			600	nA
Tensión Colector Emisor de saturación	$I_F = 20 \text{ mA}, I_C = 0,1 \text{ mA}, d = 0.3 \text{ mm}$ (figura1)	$V_{Cesat}^{(1)}$			0.3	V

(1) Medido con 'la tarjeta de prueba neutra de Kodak' el lado blanco con 90% de difusor reflectante

(2) Medido sin medio reflector

Anexo E

TARJETAS DE PLATAFORMA ARDUINO DISPONIBLES

Según la aplicación que se quiera procesar, hay disponibles otras tarjetas con diferentes prestaciones.

Una de ellas la tarjeta Arduino Mega:



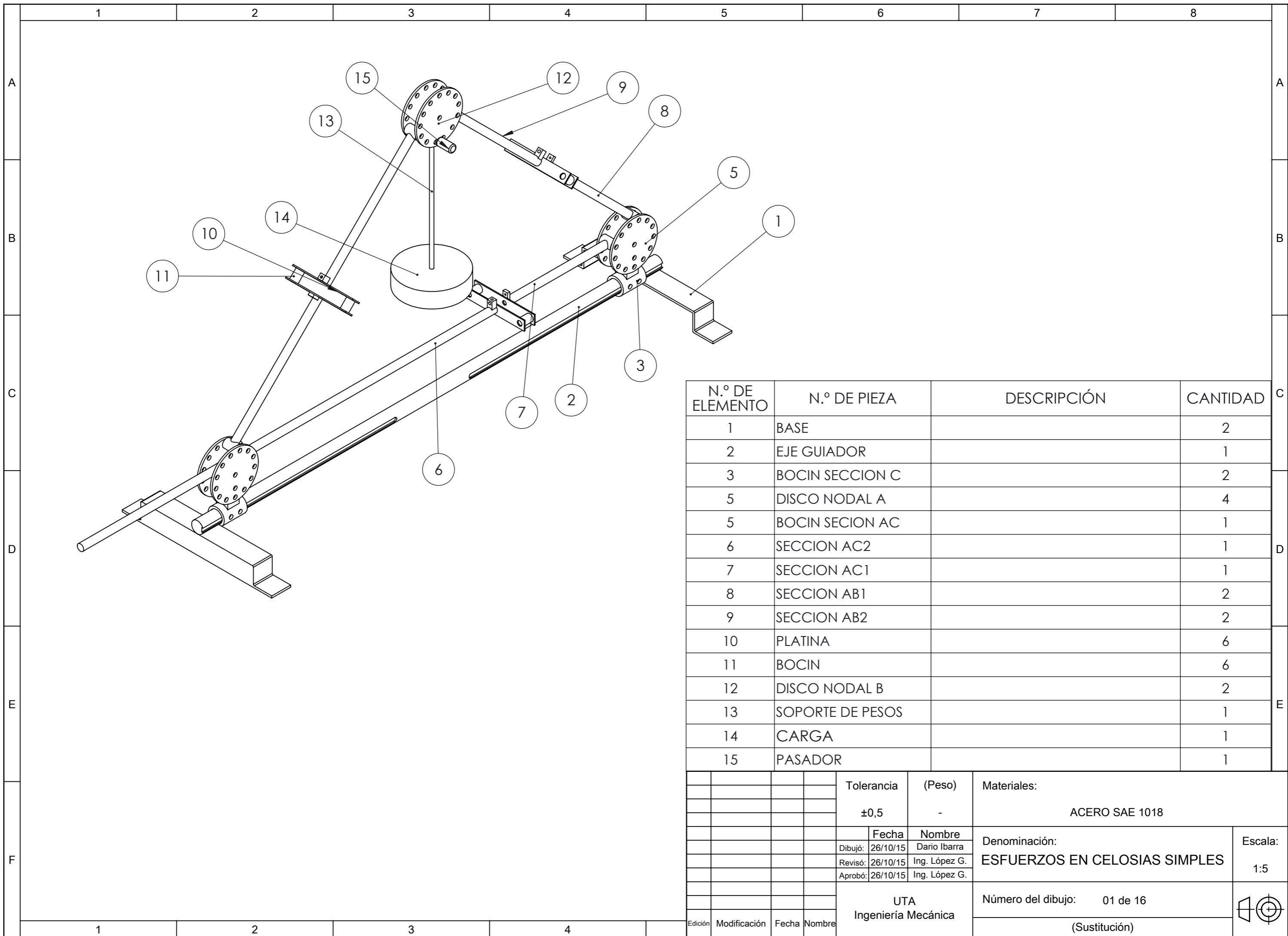
Características:

- Microcontrolador: ATmega1280
- Tensión de alimentación: 5V
- Tensión de entrada recomendada: 7-12V
- Límite de entrada: 6-20V
- Pines digitales: 54 (14 con PWM)
- Entradas analógicas: 16
- Corriente máxima por pin: 40 mA
- Corriente máxima para el pin 3.3V: 50 mA
- Memoria flash: 128 KB (4 KB usado por el bootloader)
- SRAM: 8 KB
- EEPROM: 4 KB
- Velocidad de reloj: 16 MHz

Más información:

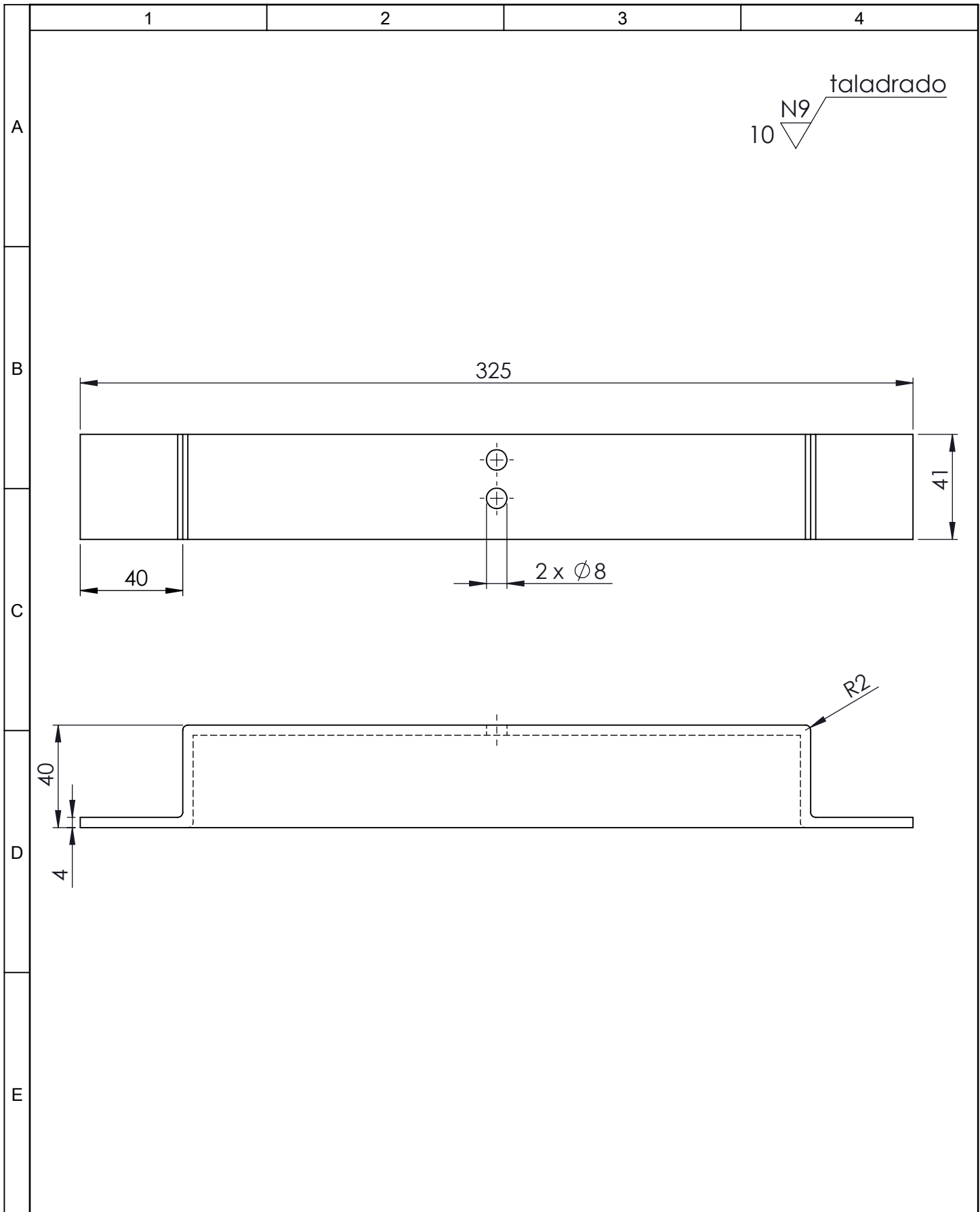
<http://store.arduino.cc>

PLANOS

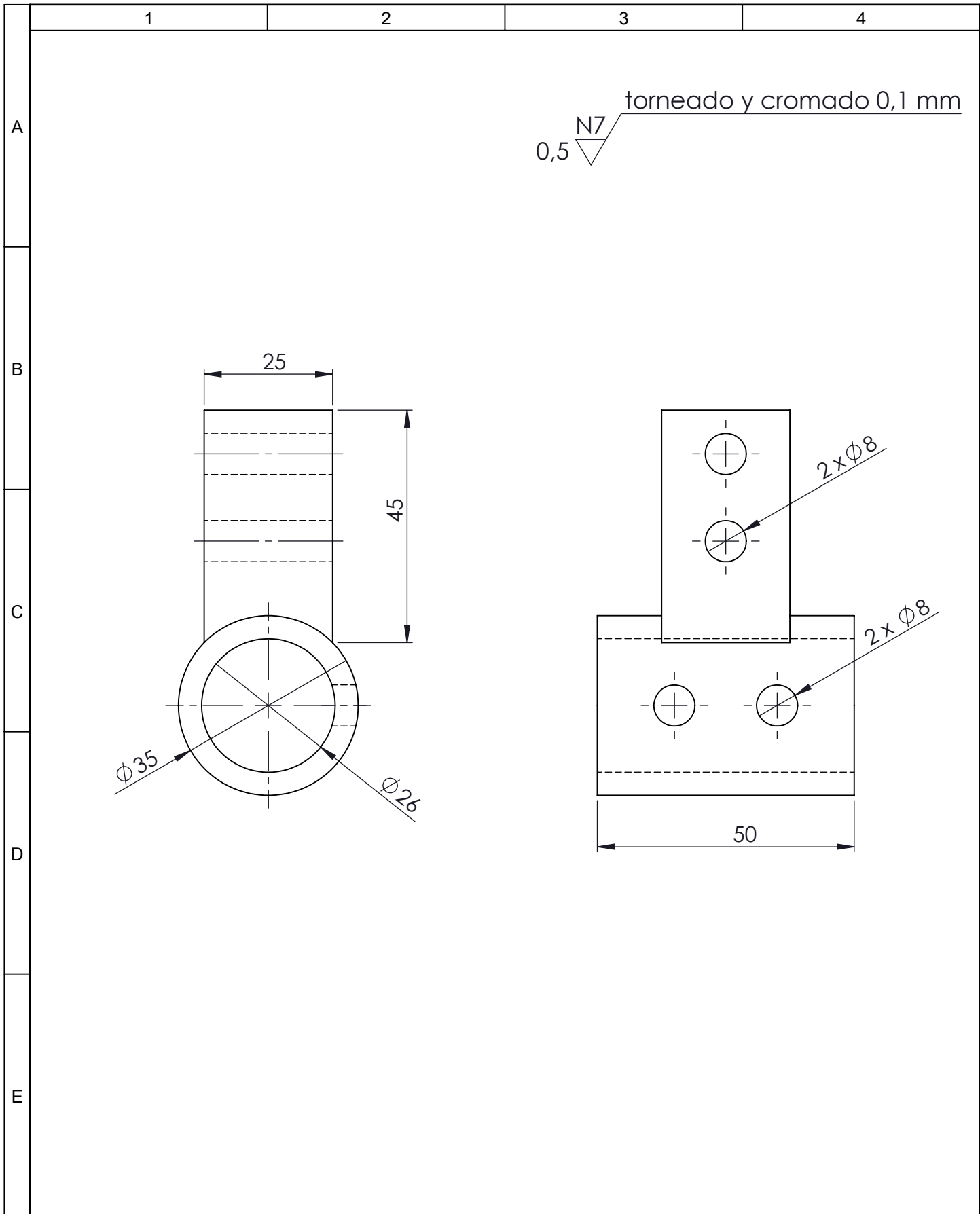


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE		2
2	EJE GUIADOR		1
3	BOCIN SECCION C		2
5	DISCO NODAL A		4
5	BOCIN SECCION AC		1
6	SECCION AC2		1
7	SECCION AC1		1
8	SECCION AB1		2
9	SECCION AB2		2
10	PLATINA		6
11	BOCIN		6
12	DISCO NODAL B		2
13	SOPORTE DE PESOS		1
14	CARGA		1
15	PASADOR		1

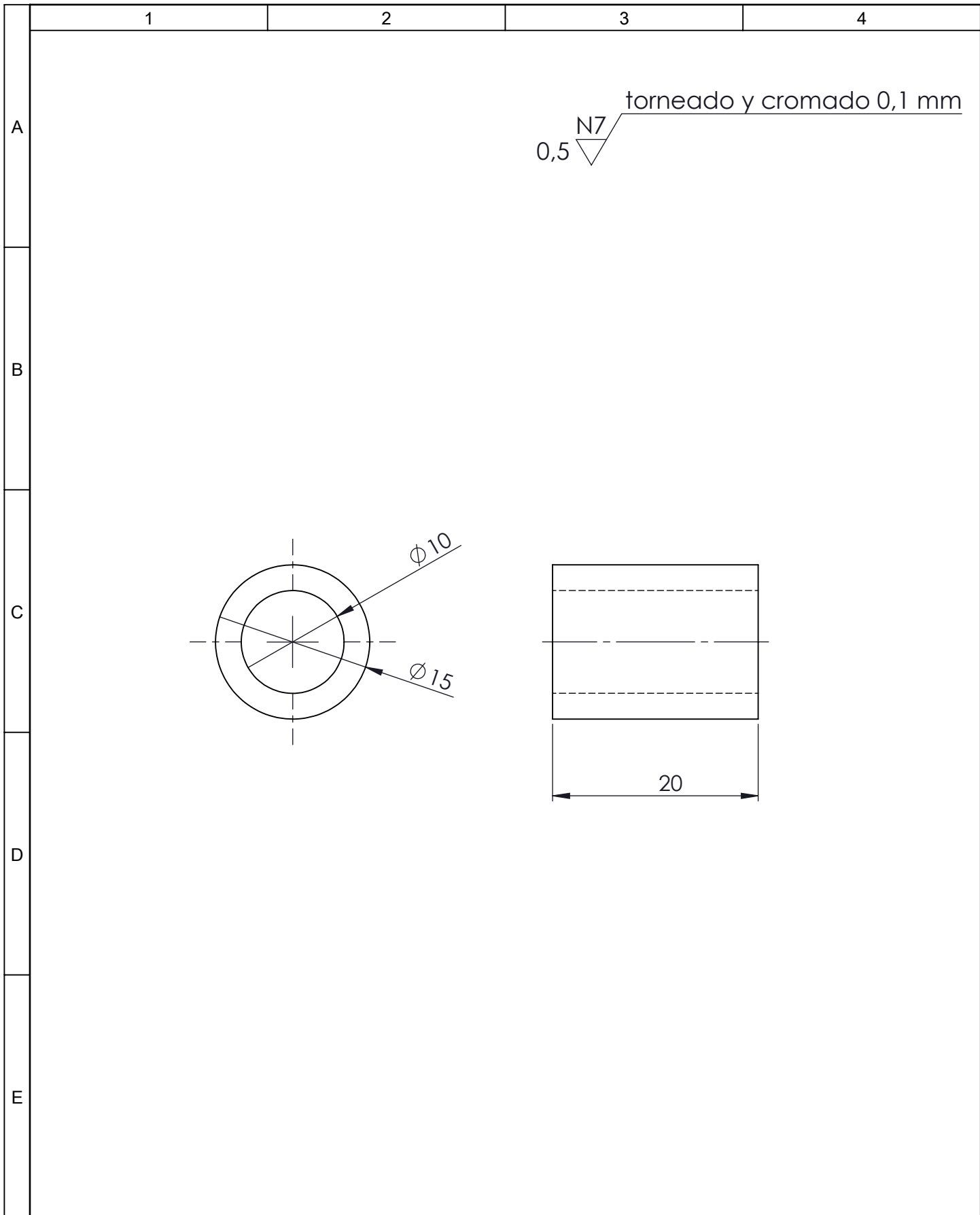
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	-	ACERO SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 26/10/15	Dario Ibarra	ESFUERZOS EN CELOSIAS SIMPLES	
				Revisó: 26/10/15	Ing. López G.	Escala:	
				Aprobó: 26/10/15	Ing. López G.	1:5	
				UTA Ingeniería Mecánica		Número del dibujo:	01 de 16
						(Sustitución)	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



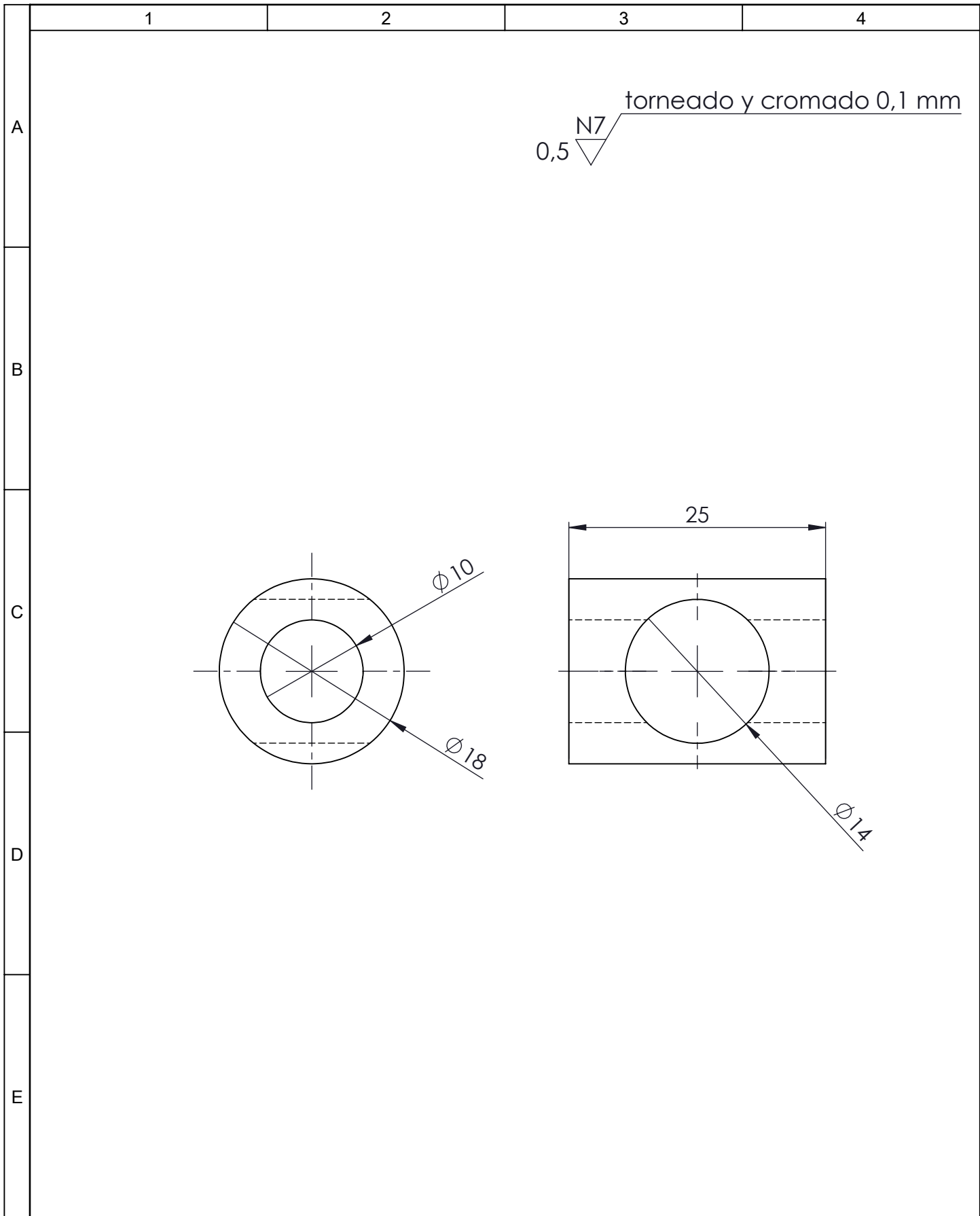
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	1,8 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 21/10/15	Dario Ibarra		
				Revisó: 21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 21/10/15	Ing. López G.	BASE	1:2
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	



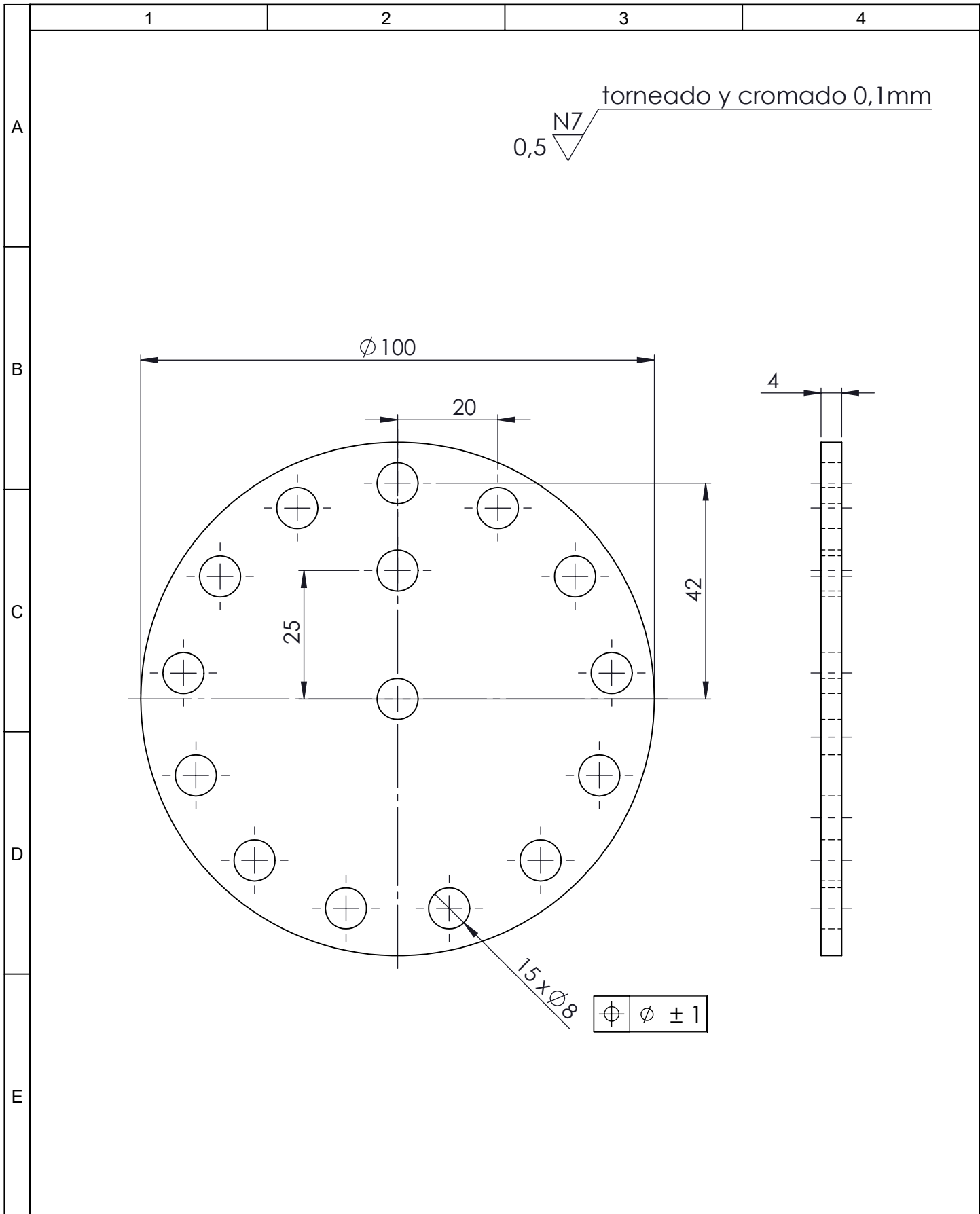
					Tolerancia	(Peso)	Materiales:						
					±0,5	0,35 Kg	Acero SAE 1018						
					Fecha	Nombre	BOCIN BASE			Escala:			
				Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra							1:1
				Revisó:	21/10/15	Ing. López G.							
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.							
					UTA		Número del dibujo: 03 de 16						
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		(Sustitución)							



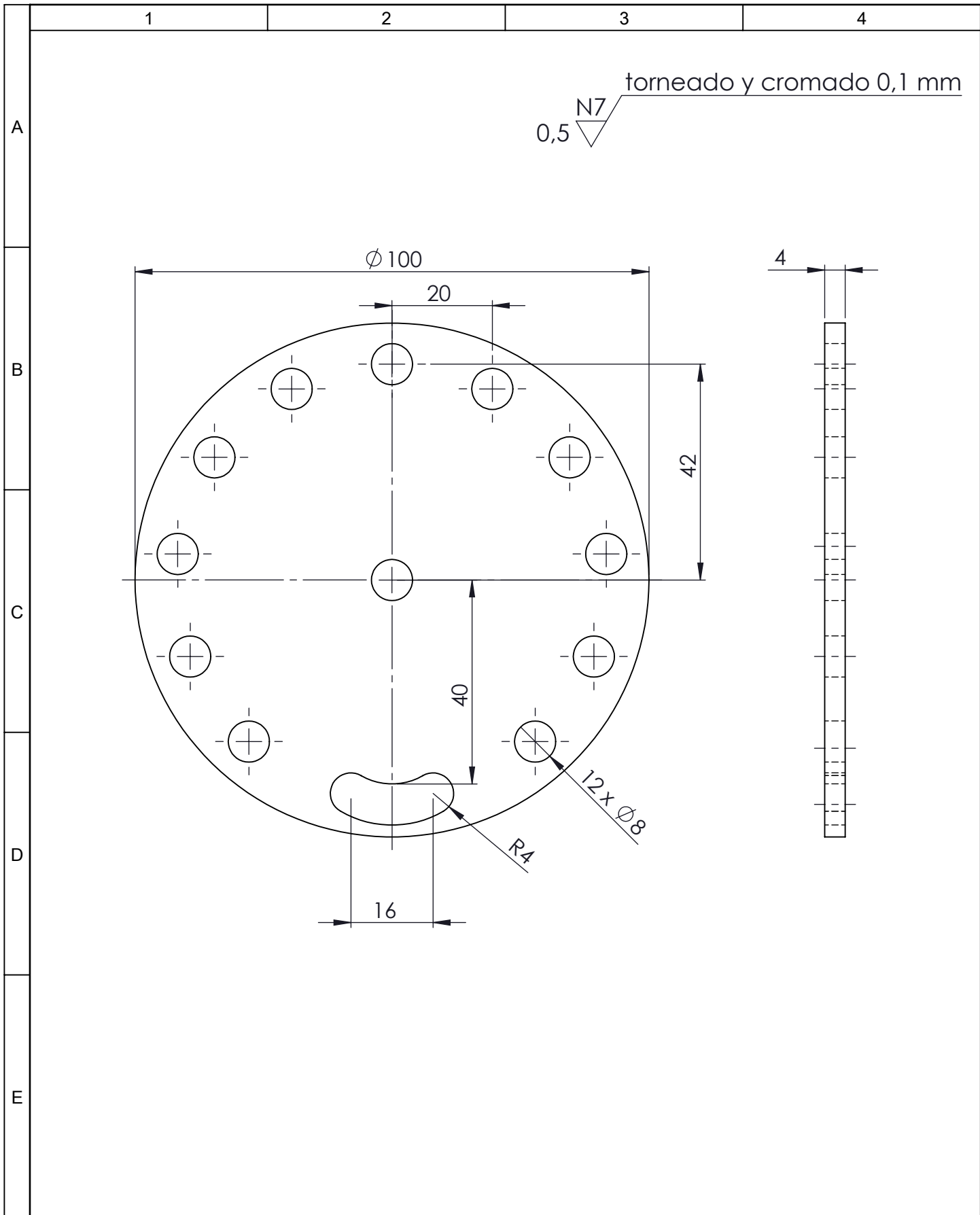
					Tolerancia	(Peso)	Materiales:				
					$\pm 0,5$	0,15 Kg	Acero SAE 1018				
					Fecha	Nombre	Denominación: BOCIN SEPARADOR			Escala:	
				Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra				1:1	
				Revisó:	21/10/15	Ing. López G.					
					Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	Número del dibujo: 04 de 16			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica			(Sustitución)				



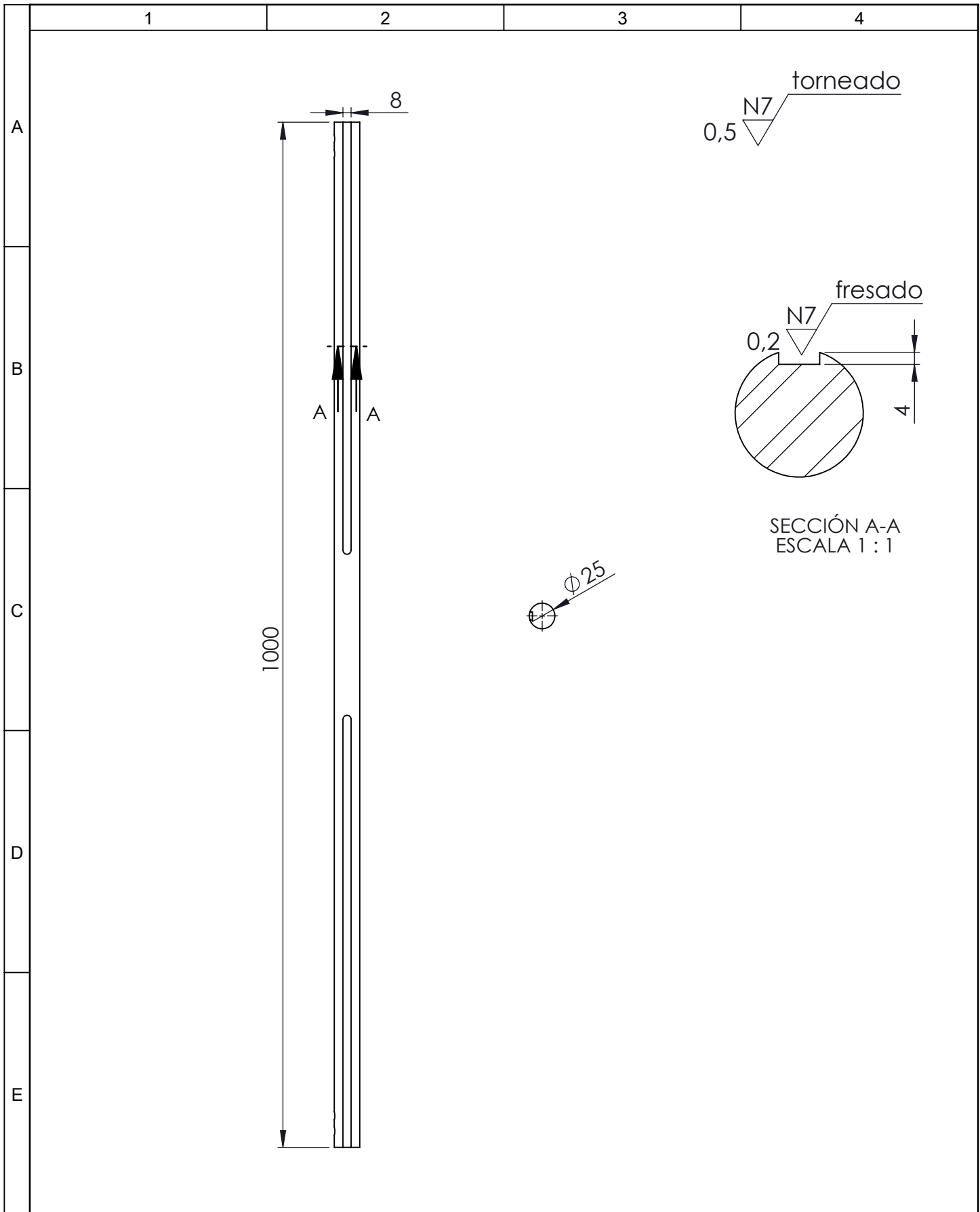
					Tolerancia	(Peso)	Materiales:				
					±0,5	0,22 Kg	Acero SAE 1018				
					Fecha	Nombre	Denominación: BOCÍN			Escala:	
				Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra				1:1	
				Revisó:	21/10/15	Ing. López G.					
					Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	Número del dibujo: 05 de 16			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ingeniería Mecánica				(Sustitución)			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0,22 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra		
			Revisó:	21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 06 de 16	
				Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0,22 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra		
			Revisó:	21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 07 de 16	
				Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	1,8 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 21/10/15	Dario Ibarra		
				Revisó: 21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 21/10/15	Ing. López G.	Eje Guiador	1:10
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

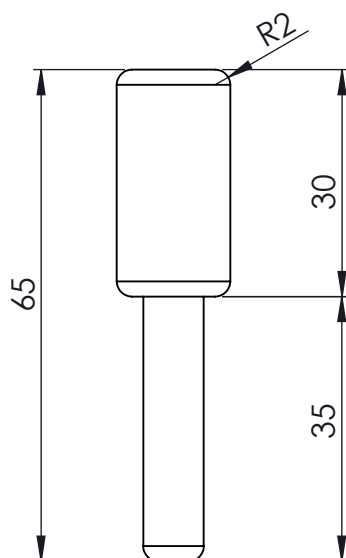
4

A

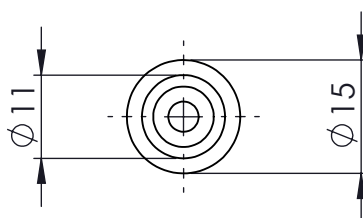
0,5 ∇ N7 torneado y cromado 0,1 mm

B

C

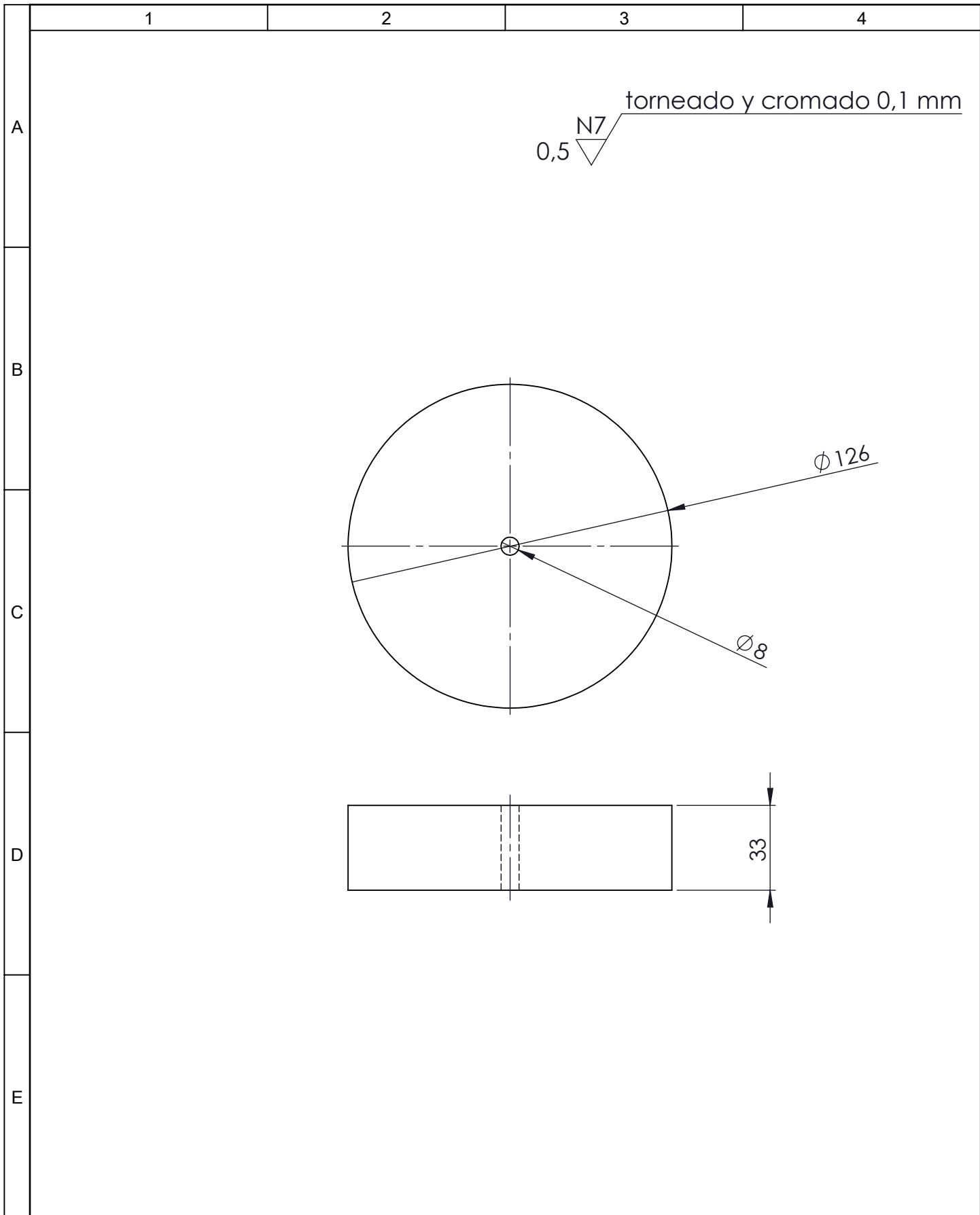


D

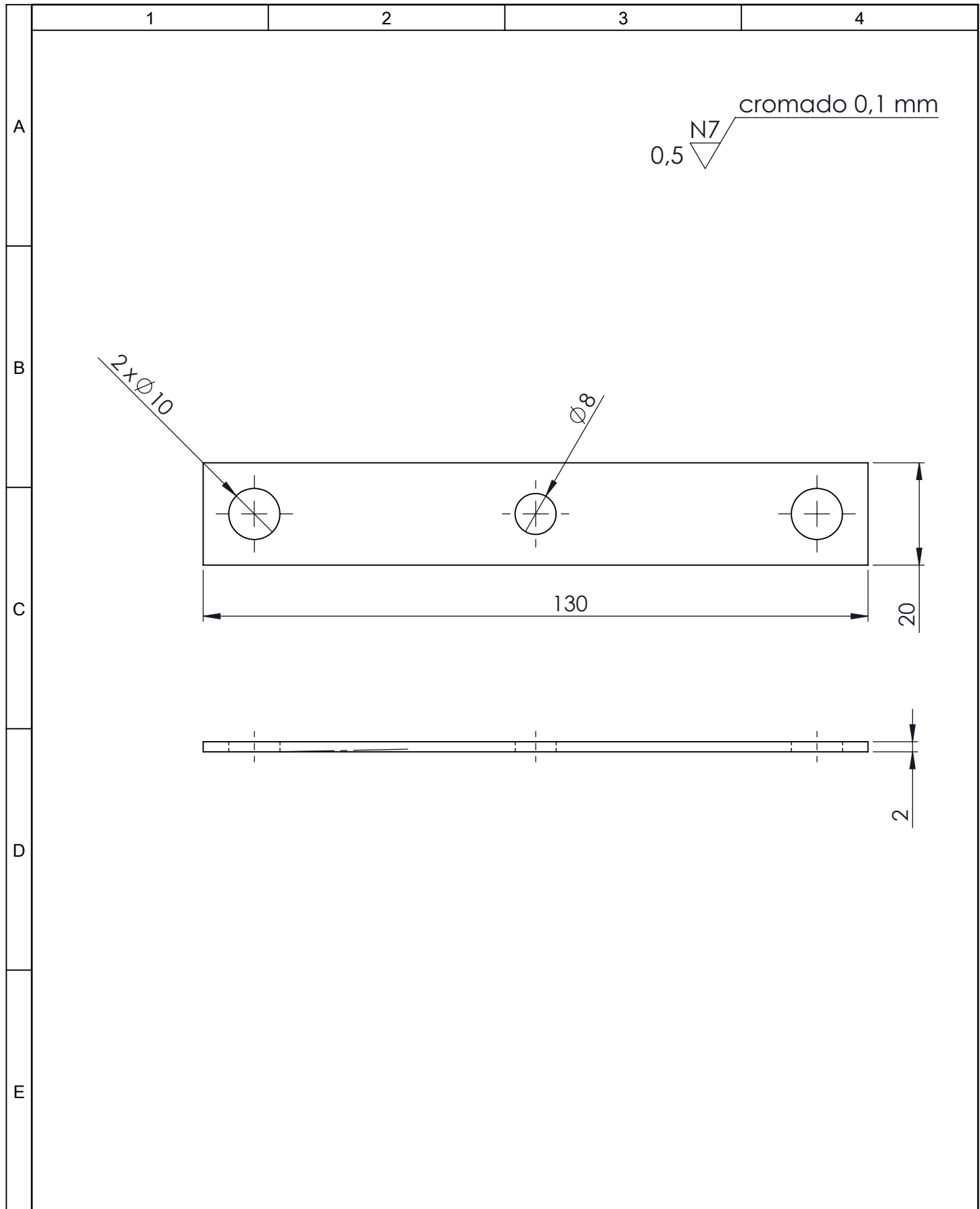


E

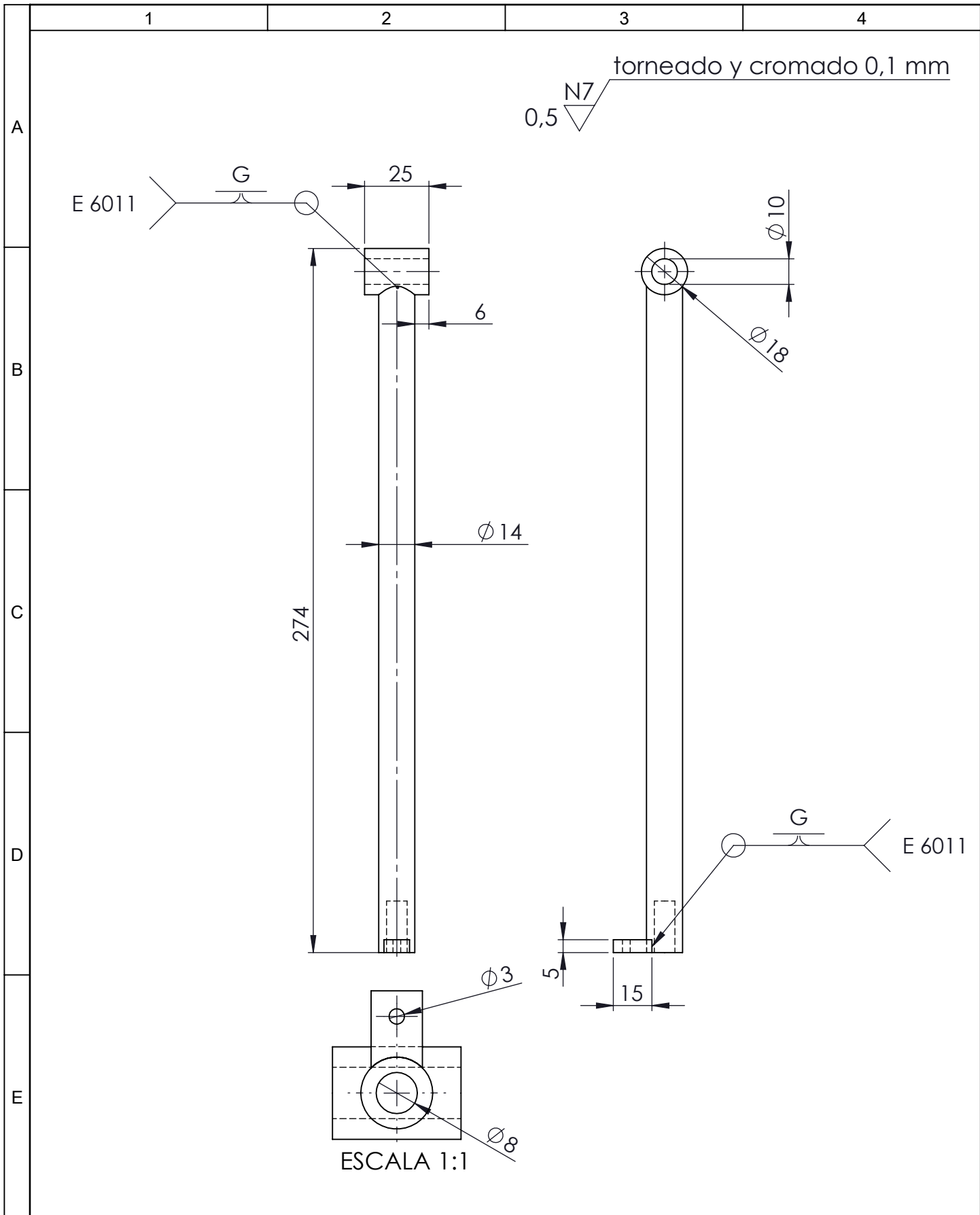
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	0,55 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 21/10/15	Dario Ibarra		
				Revisó: 21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 21/10/15	Ing. López G.	PASADOR	1:1
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	



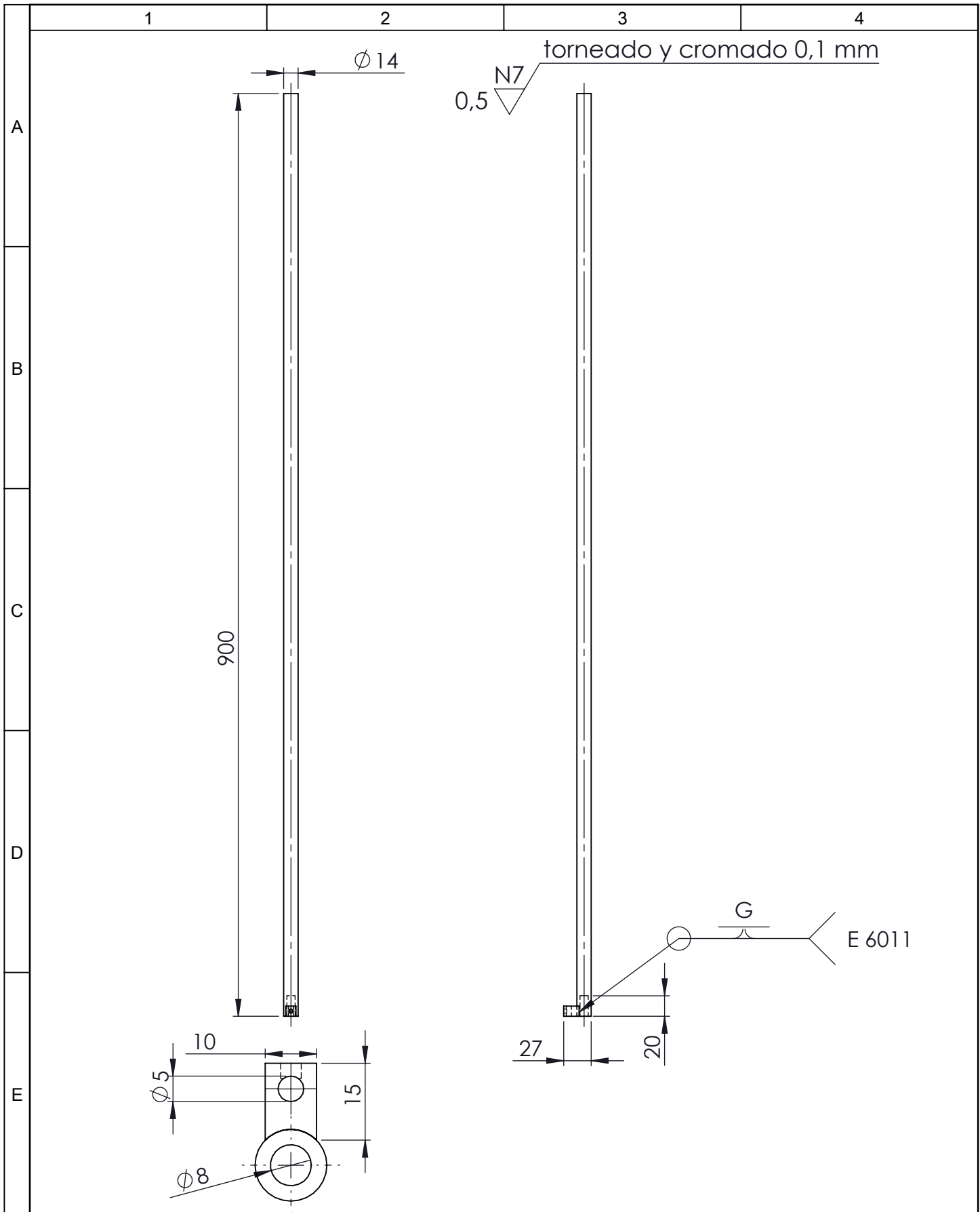
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	3,2 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 21/10/15	Dario Ibarra		
				Revisó: 21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 21/10/15	Ing. López G.	Número del dibujo: 10 de 16	1:2
				UTA Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0,033Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra		
			Revisó:	21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	1:1
				UTA		Número del dibujo: 11 de 16	
				Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



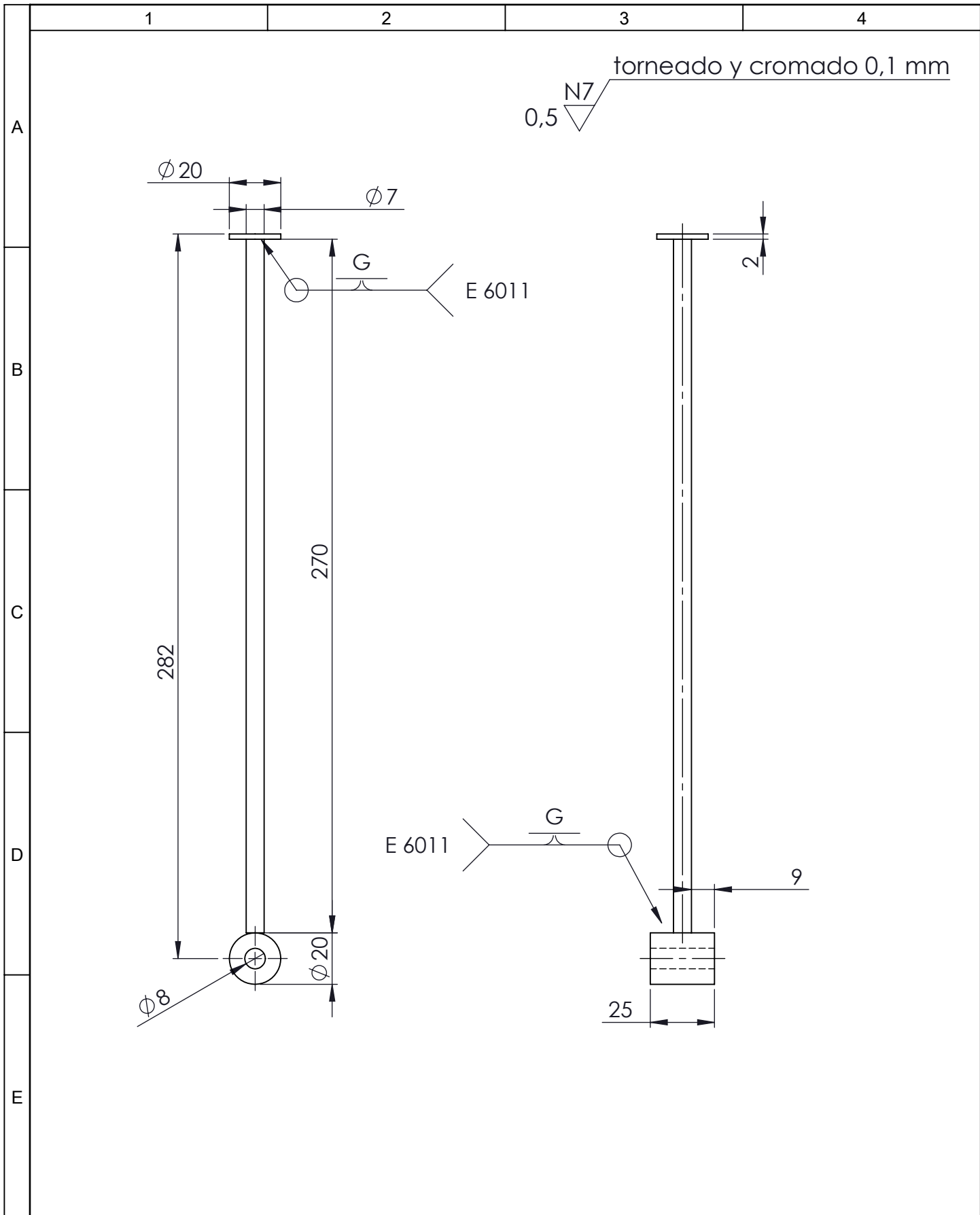
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				±0,5	0,34 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra		
			Revisó:	21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	1:2
				UTA		Número del dibujo:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		12 de 16	
						(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	1,02 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 21/10/15	Dario Ibarra		
				Revisó: 21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó: 21/10/15	Ing. López G.	SECCION AC	1:5
				UTA			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ingeniería Mecánica		(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	0,30 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra		
			Revisó:	21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	1:2
				UTA		Número del dibujo: 15 de 16	
				Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:	
				$\pm 0,5$	0,13 Kg	Acero SAE 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
			Dibujó:	21/10/15	Dario Ibarra		
			Revisó:	21/10/15	Ing. López G.		
				Aprobó:	21/10/15	Ing. López G.	1:2
				UTA		Número del dibujo: 16 de 16	
				Ingeniería Mecánica			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

SOPORTE DE PESOS