

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS



CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

TESIS DE GRADO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE ENSAYO DE
IMPACTO CHARPY, PARA EL LABORATORIO DE
ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

Tesis presentada previo a la obtención del título de Ingeniero/a en Electromecánica

AUTORES:

VIRACOCCHA MOLINA CRISTINA ELIZABETH

LASLUISA LANDA EDISON GEOVANNY

DIRECTOR:

ING. SEGUNDO ÁNGEL CEVALLOS BETÚN

LATAACUNGA – ECUADOR

JULIO – 2014

AUTORÍA

El actual informe es el resultado de la investigación de los autores, quienes basados en sus nociones, exploración documental e investigación científica han llegado a la determinación de los criterios, opiniones, análisis, interpretaciones, conclusiones, recomendaciones y todos los demás aspectos vertidos en el presente trabajo son de absoluta responsabilidad de sus autores. Por la presente se cede el derecho de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, con fines académicos o de investigación.

.....

Cristina Elizabeth Viracocha Molina
050325961- 6

.....

Edison Geovanny Lasluisa Landa
050242791-7

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del trabajo de Investigación sobre el tema:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY, PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014.” de los autores: Cristina Elizabeth Viracocha Molina y Edison Geovanny Lasluisa Landa, postulantes de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficiente para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 21 de Julio del 2014

EL DIRECTOR

.....
Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún.

0501782437

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud y corazón a Dios, por darme la sabiduría en cada paso recorrido en mi vida universitaria y a mis amados padres, por su apoyo incondicional y por ser el motor impulsor para alcanzar esta meta trazada.

Mi agradecimiento profundo a la Universidad Técnica de Cotopaxi, distinguidas autoridades y educandos, quien con su aporte científico, han contribuido a la formación profesional de mi persona.

Un agradecimiento especial y afectuoso al Ing. Segundo Cevallos, por su tiempo y paciencia, además por su aporte intelectual y técnico en el desarrollo del presente proyecto de investigación, los cuales permitieron fortalecer el mismo.

De igual forma un fraterno agradecimiento al Ing. David Moreno, por sus valiosos conocimientos y asesoramiento contribuido, en el proceso del presente trabajo.

CRISTINA VIRACOCHA.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, por bendecir cada paso que doy y darme lo más importante salud, vida y amor.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, y particularmente a los docentes de la Carrera de Ingeniería y Aplicadas, quienes me compartieron generosamente sus conocimientos.

Agradecer a mi familia por darme todo el apoyo, colaboración y cariño incondicional, y por depositar su confianza y creer en mí.

EDISON LASLUISA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado a Dios, por ser el inspirador de mi vocación hacia la Ingeniería Electromecánica y quien con su infinita bondad, me ha concedido la salud y las fuerzas necesarias para alcanzar este logro académico en mi vida.

Con mucho cariño dedico el presente proyecto de investigación , reflejo de mi esfuerzo, a mis amados padres, Carlos y Liliana, quienes confiaron plenamente en mis capacidades y me han brindado su apoyo incondicional en cada instante, siendo ellos mi mayor ejemplo de superación y sacrificio a seguir y por quienes he logrado lo que hasta ahora soy.

A mis queridas hermanas y hermano Karla, Stefany y Emanuel, quienes me motivaron moralmente con sus palabras de aliento y creyeron en mí, a mi querida Abuelita María, quien con sus bendiciones alentaba a que cada día de lo mejor y cumpla con mi objetivo. A mi tía Verito, por su apoyo y consejos a nunca rendirme. A mi novio David, por el apoyo y tiempo brindado en la elaboración de este proyecto.

"El éxito en la vida no se mide por lo que logras, sino por los obstáculos que superas."

Anónimo.

CRISTINA VIRACOCHA.

DEDICATORIA

Con mucho Amor y cariño dedico este nuevo paso que doy en mi vida a mi Madre Luzmila Landa, que con amor y sacrificio siempre hizo todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños y metas.

A mi hermano Ing. Patricio Lasluisa quien es mi guía y ejemplo, y que siempre ha estado conmigo, apoyándome en los momentos más importantes de mi vida.

A mi esposa Majito Gallardo, por tu paciencia, amor y comprensión me inspiras a ser mejor para ti, gracias por estar siempre a mi lado apoyándome.

A mis abuelitos, abuelitas, tíos y tías quienes fueron como mis padres y madres, que con su sabiduría influyeron en mí la madurez para lograr todos los objetivos en la vida

EDISON LASLUISA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.2. BASES TEÓRICAS	2
1.2.1. <i>Diseño en ingeniería mecánica</i>	2
1.2.3. <i>Consideraciones o factores de diseño</i>	2
1.2.4. <i>Ensayo Charpy o de impacto</i>	3
1.2.5. <i>Aspectos generales de la máquina de ensayo por impacto Charpy</i>	4
1.3. FUNDAMENTOS FÍSICOS.....	5
1.3.1. <i>Ley de la conservación de la energía</i>	5
1.3.1.1. <i>Energía potencial gravitatoria</i>	6
1.3.1.2. <i>Energía cinética</i>	6
1.3.2. <i>Péndulo simple</i>	7
1.3.2.1. <i>Análisis del movimiento del péndulo simple</i>	7
1.3.3. <i>Fuerza dinámica</i>	9
1.3.3.1. <i>Coefficiente dinámico</i>	10
1.3.3.2. <i>Momento máximo de impacto</i>	11
1.3.4. <i>Análisis del esfuerzo</i>	11
1.3.4.1. <i>Fuerza cortante y momento flexionante en vigas</i>	11
1.3.5. <i>Diseño por resistencia a fatiga</i>	17
1.3.5.1. <i>Esfuerzos fluctuantes</i>	17
1.3.5.2. <i>Resistencia a la fatiga</i>	17
1.3.5.3. <i>Esfuerzos fluctuantes medios y alternantes</i>	20
1.3.6. <i>Soldadura</i>	22
1.3.6.1. <i>Soldadura de filete</i>	23
1.3.7. <i>Rodamientos</i>	24
1.3.7.1. <i>Capacidad de carga estática</i>	25
1.4. PROPIEDADES DE IMPACTO	26

1.4.1.	<i>Tenacidad</i>	26
1.4.2.	<i>Temperatura de transición de dúctil a frágil</i>	27
1.4.3.	<i>Resiliencia</i>	28
1.5.	PROBETAS PARA EL ENSAYO DE CHARPY	28
1.6.	MICROCONTROLADOR.....	29
1.6.1.	<i>¿Cómo elegir un microcontrolador?</i>	30
1.6.2.	<i>Microcontroladores PIC</i>	31
1.7.	TECLADO MATRICIAL 4X4	32
1.8.	PANTALLA GRÁFICA DE CRISTAL LÍQUIDO (GLCD)	33
1.9.	SENSORES	34
1.9.1.	<i>Clasificación según la alimentación</i>	34
1.9.2.	<i>Clasificación según el tipo de señal de salida</i>	34
1.9.3.	<i>Clasificación según la magnitud física a detectar</i>	35
1.9.4.	<i>Encoder incremental</i>	36
1.10.	COMUNICACIÓN SERIAL	37
1.11.	LABVIEW (ACRÓNICO DE LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENTATION ENGINEERING WORKBENCH)	38
1.11.1.	<i>Definición de instrumento virtual</i>	38
2.	TRABAJO DE CAMPO	39
2.1.	METODOLOGÍA APLICADA	39
2.2.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	40
2.3.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	52
2.3.1.	<i>Cálculo de las frecuencias esperadas (fe)</i>	54
2.3.2.	<i>Cálculo del chi cuadrado</i>	55
2.3.3.	<i>Cálculo del grado de libertad (gl)</i>	56

CAPÍTULO III.....	58
3. PROPUESTA.....	58
3.1. TEMA.....	58
3.1. OBJETIVO GENERAL:.....	58
3.1.1. <i>Objetivos específicos:</i>	58
3.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	59
3.5. ELEMENTOS DE LA MÁQUINA DE CHARPY.....	59
3.6. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	61
3.6.1. <i>Condición de impacto</i>	61
3.6.2. <i>Relaciones energéticas</i>	62
3.6.2.1. <i>Energía del péndulo</i>	63
3.7. DISEÑO MECÁNICO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS.....	65
3.7.1. <i>Diseño del péndulo</i>	65
3.7.1.1. <i>Cálculo de fuerzas y reacciones en el péndulo</i>	65
3.7.2. <i>Diseño del martillo del péndulo</i>	68
3.7.3. <i>Diseño del percutor</i>	70
3.7.3.1. <i>Análisis a lo largo de los puntos A-A</i>	72
3.7.3.2. <i>Análisis a lo largo de los puntos B-B</i>	72
3.7.4. <i>Diseño del brazo del péndulo</i>	76
3.7.4.1. <i>Cálculo de las reacciones en el brazo del péndulo</i>	76
3.7.4.2. <i>Diagrama de cortante y momento flector.</i>	78
3.7.4.3. <i>Esfuerzos en el brazo del péndulo</i>	79
3.7.4.4. <i>Diseño estático del eje</i>	79
3.7.4.5. <i>Diseño del brazo del péndulo en el momento del choque</i>	81
3.7.4.6. <i>Diseño del eje a fatiga</i>	82
3.7.4.7. <i>Cálculo del volumen y peso del brazo</i>	88
3.7.5. <i>Diseño del martillo (2)</i>	89
3.7.6. <i>Volumen y masa teórica del péndulo</i>	90

3.7.7.	<i>Cálculo del centro de gravedad del péndulo (1)</i>	91
3.7.8.	<i>Centro de gravedad del péndulo (2)</i>	92
3.7.9.	<i>Diseño del eje que cuelga el péndulo</i>	94
3.7.9.1.	<i>Cálculo de cargas en el eje que cuelga el péndulo</i>	94
3.7.9.2.	<i>Diseño estático del eje</i>	96
3.7.9.3.	<i>Diseño del eje a fatiga</i>	96
3.7.10.	<i>Diseño del buje del péndulo</i>	100
3.7.10.1.	<i>Diseño estático del buje</i>	101
3.7.10.2.	<i>Diseño de soldadura entre el buje y el brazo</i>	101
3.7.11.	<i>Selección de rodamientos para el eje</i>	103
3.7.12.	<i>Selección de la chumacera del rodamiento</i>	104
3.7.13.	<i>Diseño de las columnas</i>	105
3.7.13.1.	<i>Trazado de tensiones</i>	105
3.7.13.2.	<i>Trazado de desplazamientos</i>	106
3.7.13.3.	<i>Trazado de deformaciones unitarias</i>	106
3.7.13.4.	<i>Análisis de factor de seguridad</i>	106
3.7.14.	<i>Dimensionamiento del yunque</i>	109
3.8.	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	111
3.8.1.	<i>Parámetros de diseño de la aplicación de control</i>	111
3.8.2.	<i>Diseño de la aplicación de control</i>	111
3.8.3.	<i>Diagrama eléctrico de la placa principal</i>	112
3.8.4.	<i>Algoritmo de la aplicación de control</i>	113
3.8.5.	<i>Simulación de la placa principal</i>	113
3.8.6.	<i>Diseño de la placa PCB para la placa principal</i>	116
3.8.7.	<i>Descripción Programación LabVIEW</i>	117
3.8.7.1.	<i>Etapa de Comunicación</i>	118
3.8.7.2.	<i>Etapa de conversión de datos:</i>	119
3.8.7.3.	<i>Etapa de procesamiento de datos</i>	120
3.9.	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	122
3.9.1.	<i>Construcción de las dos columnas</i>	122

3.9.2.	<i>Construcción del bocín</i>	122
3.9.3.	<i>Construcción de dos bujes</i>	123
3.9.4.	<i>Construcción del brazo</i>	123
3.9.5.	<i>Construcción de los yunques</i>	124
3.9.6.	<i>Construcción de los martillos</i>	124
3.9.7.	<i>Construcción de los ángulos de la base</i>	125
3.9.8.	<i>Implementación del sistema de control</i>	125
3.9.8.1.	<i>Conexiones eléctricas y electrónicas</i>	125
3.9.8.2.	<i>Visualización en LabVIEW</i>	127
3.10.	CONCLUSIONES.....	128
3.11.	RECOMENDACIONES	129
	BIBLIOGRAFÍA:	130
	PLANOS	185

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. 1 ANÁLISIS DEL PÉNDULO SIMPLE	7
FIGURA 1. 2 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE.....	12
FIGURA 1. 3 DIAGRAMA MOMENTO FLECTOR	13
FIGURA 1. 4 REPRESENTACIÓN DE FLUCTUACIÓN DE CARGAS.....	17
FIGURA 1. 5 SENSIBILIDAD A LA MUESCA Q.....	19
FIGURA 1. 6 BARRA DE SECCIÓN CIRCULAR EN FLEXIÓN CON ESTRECHAMIENTO Y ENTALLE.....	20
FIGURA 1. 7 PROCESO DE SOLDADURA.....	22
FIGURA 1. 8 ESQUEMA PÉNDULO CHARPY.....	27
FIGURA 1. 9 TEMPERATURA DE TRANSICIÓN.....	27
FIGURA 1. 10 MÓDULO DE RESILIENCIA	28
FIGURA 1. 11 GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DE LAS DIFERENTES PROBETAS	29
FIGURA 1. 12 ARQUITECTURA DE UN MICROCONTROLADOR	30
FIGURA 1. 13. PRESENTACIÓN COMERCIAL DEL TECLADO MATRICIAL 4X4.....	32
FIGURA 1. 14 DIAGRAMA GENERAL DE UN TECLADO MATRICIAL 4X4	33
FIGURA 1. 15 LCD 128 x 64.....	33
FIGURA 1. 16 PARTE INTERNA DEL ENCODER INCREMENTAL	36
FIGURA 1. 17 DIAGRAMA DE BLOQUES	38
FIGURA 1. 18 DIAGRAMA DE BLOQUES	38
FIGURA 3. 1. MÁQUINA CHARPY.....	60
FIGURA 3. 2. PROBETA TIPO “V” PARA ENSAYO DE ACEROS	60
FIGURA 3. 3. CONDICIONES DE IMPACTO DEL MARTILLO CON LA PROBETA	62

FIGURA 3. 4. RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS PARA UNA MÁQUINA CHARPY.....	63
FIGURA 3. 5. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA. (1) POSICIÓN ESTÁTICA, (2) POSICIÓN DE CHOQUE.	63
FIGURA 3. 6. POSICIÓN DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO DE IMPACTO.....	66
FIGURA 3. 7. FUERZAS Y REACCIONES AL MOMENTO DEL IMPACTO EN LA PROBETA.....	67
FIGURA 3. 8. DIMENSIONES DEL MARTILLO DE 25 KG.....	69
FIGURA 3. 9. DIMENSIONES DE LA PUNTA DEL PERCUTOR.....	70
FIGURA 3. 10. PERCUTOR DEL MARTILLO	71
FIGURA 3. 11. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL PERCUTOR	71
FIGURA 3. 12. DIMENSIONES DEL PERCUTOR.....	73
FIGURA 3. 13. PROPIEDADES FÍSICAS DE UNA SECCIÓN DELPERCUTOR EN SOFTWARE CAD.....	74
FIGURA 3. 14. SECCIONES GEOMÉTRICAS DEL PERCUTOR	74
FIGURA 3. 15. DIMENSIONES DEL BRAZO.....	76
FIGURA 3. 16. DIAGRAMA DE FUERZAS DEL PÉNDULO ANTES DE SU CAÍDA	76
FIGURA 3. 17. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR (PROGRAMA MDSOLID)	78
FIGURA 3. 18. FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTÚAN EN EL BRAZO DEL PÉNDULO EN EL IMPACTO	81
FIGURA 3. 19. REPRESENTACIÓN DE FLUCTUACIÓN DE CARGAS.....	83

FIGURA 3. 20. SENSIBILIDAD A LA MUESCA Q.....	85
FIGURA 3. 21. BARRA DE SECCIÓN CIRCULAR EN FLEXIÓN CON ESTRECHAMIENTO Y ENTALLE.....	86
FIGURA 3. 22. ESQUEMA DEL BRAZO DEL EJE.....	88
FIGURA 3. 23. DIMENSIONES DEL MARTILLO DE 14 KG.....	89
FIGURA 3. 24. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO (1).....	91
FIGURA 3. 25. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PENDULO (1) EN SOFTWARE CAD.....	92
FIGURA 3. 26. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PENDULO (2) EN SOFTWARE CAD.....	92
FIGURA 3. 27. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PENDULO (2) EN SOFTWARE CAD.....	93
FIGURA 3. 28. CARGAS DINÁMICAS QUE ACTÚAN EN EL PÉNDULO AL IMPACTO.....	94
FIGURA 3. 29. DIAGRAMA DE FUERZAS EN EL EJE SOPORTE DE PÉNDULO.....	95
FIGURA 3. 30. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR (PROGRAMA MD SOLID).....	95
FIGURA 3. 31. SENSIBILIDAD A LA MUESCA Q.....	98
FIGURA 3. 32. BARRA DE SECCIÓN CIRCULAR EN FLEXIÓN CON ESTRECHAMIENTO Y ENTALLE.....	98
FIGURA 3. 33. DISEÑO DEL BUJE.....	100
FIGURA 3. 34. DIAGRAMA DE CARGAS EN EL EJE SOPORTE DEL PÉNDULO.....	100

FIGURA 3.35. TENSIONES VON MISES.....	105
FIGURA 3.36. DESPLAZAMIENTO.....	106
FIGURA 3.37. DEFORMACIONES UNITARIAS	106
FIGURA 3.38. FACTOR DE SEGURIDAD.....	107
FIGURA 3. 39. DIMENSIÓN DE LA MUESTRA ESTÁNDAR	109
FIGURA 3. 40. DIAGRAMA DE CARGAS EN EL YUNQUE DE LA MÁQUINA CHARPY	109
FIGURA 3. 41. DIAGRAMA DE CONEXION DE LA PLACA PRINCIPAL	112
FIGURA 3. 42. CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PARA LA SIMULACIÓN.....	113
FIGURA 3. 43. PANTALLA DEL MENÚ PRINCIPAL	114
FIGURA 3. 44. TEST INICIADO Y EN ESPERA DEL ARRANQUE DEL PÉNDULO	114
FIGURA 3. 45. CONFIGURACIÓN DE LA MASA DEL MARTILLO	115
.FIGURA 3. 46. CONFIGURACIÓN DE LA LONGITUD DEL PÉNDULO ..	115
FIGURA 3. 47. CONFIGURACIÓN DEL ÁNGULO INICIAL DEL ENSAYO	115
FIGURA 3. 48. PRIMERA PANTALLA DEL MENÚ HELP	116
FIGURA 3. 49. PANTALLA PRINCIPAL DEL MENÚ ABOUT.....	116
FIGURA 3. 50. POSICIONAMIENTO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	117
FIGURA 3. 51. DISEÑO PCB DE LA PLACA PRINCIPAL	117
FIGURA 3. 52. VISA CONFIGURE SERIAL PORT	118
FIGURA 3. 53. VISA READ.....	119

FIGURA 3. 54. VISA WRITE	119
FIGURA 3. 55. FORMAT STRING	120
FIGURA 3. 56. DECIMAL STRING	120
FIGURA 3. 57. PRIMER BUCLE	121
FIGURA 3. 58. SEGUNDO BUCLE	121
FIGURA 3. 59. PERFORACIONES EN LA UPN	122
FIGURA 3. 60. CONSTRUCCIÓN DEL BOCIN	122
FIGURA 3. 61. CONSTRUCCIÓN DE LOS BUJES	123
FIGURA 3. 62. CONSTRUCCIÓN DE LOS BUJES	123
FIGURA 3. 63. FRESADO DE LOS YUNQUES	124
FIGURA 3. 64. CONSTRUCCIÓN DE LOS MARTILLOS	124
FIGURA 3. 65. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE	125
FIGURA 3. 66. PLACA PCB	126
FIGURA 3. 67. PLACA CON TODOS LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS SOLDADOS	126
FIGURA 3. 68. SISTEMA ELECTRICO ELECTRONICO ENSAMBLADO .	127
FIGURA 3. 69. VISUALIZACIÓN EN LABVIEW	127

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2. 1 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA.....	42
GRÁFICO 2. 2 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA.....	43
GRÁFICO 2. 3. REPRESENTACION GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA.....	44
GRÁFICO 2. 4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CUARTA PREGUNTA.....	45
GRÁFICO 2. 5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA QUINTA PREGUNTA.....	46
GRÁFICO 2. 6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEXTA PREGUNTA.....	47
GRÁFICO 2. 7 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SÉPTIMA PREGUNTA.....	48
GRÁFICO 2. 8 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA OCTAVA PREGUNTA.....	49
GRÁFICO 2. 10 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA NOVENA PREGUNTA.....	50
GRÁFICO 2. 10 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DÉCIMA PREGUNTA.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 ASPECTOS GENERALES DEL PÉNDULO DE CHARPY	4
TABLA 1. 2 MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE LA PROBETA DE ENSAYO CHARPY EN “V”	29
TABLA 1. 3 FAMILIA DE MICROCONTROLADORES PIC	31
TABLA 1. 4 TRANSDUCTORES DE DIVERSAS MAGNITUDES FÍSICAS	35
TABLA 2. 1 POBLACIÓN.....	41
TABLA 2. 2 ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA	42
TABLA 2. 3 ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA	43
TABLA 2. 4 ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA	44
TABLA 2. 5 ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA.....	45
TABLA 2. 6 ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA.....	46
TABLA 2. 7 ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA	47
TABLA 2. 8 ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA	48
TABLA 2. 9 ANÁLISIS DE LA OCTAVA PREGUNTA	49
TABLA 2. 10 ANÁLISIS DE LA NOVENA PREGUNTA	50
TABLA 2. 11 ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PREGUNTA	51
TABLA 2. 12 RESUMEN DE ENCUESTAS.....	53
TABLA 2. 13 TABULACIÓN DE ENCUESTAS EMPLEADAS.....	53
TABLA 2. 14 RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS (FO).....	54
TABLA 2. 15 RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS (FE).....	55
TABLA 2. 16 RESULTADO DE CHI CUADRADO.....	56
TABLA 3. 1. RESULTADOS DE MASA Y VOLUMEN DE LOS COMPONENTES DEL PÉNDULO (1)	90
TABLA 3. 2. RESULTADOS DE MASA Y VOLUMEN DE LOS COMPONENTES DEL PÉNDULO (2).....	91
TABLA 3. 3. RESULTADOS DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL	

PÉNDULO A VARIOS ÁNGULOS DE INCLINACIÓN.....	93
TABLA 3. 4. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PERFIL UPN	107

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY, PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014”

RESUMEN

Existe una serie de propiedades que los materiales ponen de manifiesto cuando son sometidos a esfuerzos externos. Para determinar las propiedades mecánicas de los materiales, se utilizan diferentes máquinas de ensayos mecánicos, con el ensayo Charpy se puede establecer exclusivamente la resistencia al impacto, tenacidad, el hecho de no tener en cuenta estos factores al momento de escoger los materiales, ha producido grandes daños. El presente proyecto tiene por objeto diseñar y construir una máquina de impacto llamada Péndulo Charpy siguiendo la normativa existente, con una visualización de la magnitud deseada acorde al avance tecnológico, que permita generar valores reales de los distintos materiales metálicos a ensayar para ser utilizado en el laboratorio de la Carrera de Electromecánica. El Péndulo Charpy a diseñarse, a más de servir como máquina de ensayos con fines didácticos dentro del aprendizaje de los estudiantes de ingeniería, estará a disposición de las personas o industrias que así lo requieran. Se ha utilizado Software de última tecnología para el desarrollo de cada uno de los componentes de la máquina de impacto tales como; Solidworks para diseño mecánico, MDSOLID para determinar esfuerzos mecánicos presentes en cada una de las barras, PROTEUS 8 que se utilizó para simulación de la digitalización y posterior ruteado de la placa en el programa ARES. La normativa aplicada para el desarrollo del sistema mecánico son: ASTM E-23 Métodos de pruebas de impacto de materiales metálicos. ASTM D 6110 Determinación de Propiedades de Impacto Charpy. NTE-INEN 130 Ensayo de impacto Charpy para acero. Las mismas que determinan exigencias mínimas para el diseño del yunque, martillo, percutor y probeta, estas garantizarán la calidad de resultados arrojados por la máquina. El precio total de la máquina es de \$ 2300 dólares americanos

DESCRIPTORES: Ensayos mecánicos, Péndulo Charpy, Propiedades de materiales.

TITLE: "DESIGNING AND BUILDING A CHARPY IMPACT TEST MACHINE, TO THE ELECTROMECHANIC LABORATORY AT TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI IN 2014"

ABSTRACT

A number of properties are used in those materials when they are subjected to external challenges. To determine the mechanical properties of materials, different mechanical testing machines are used, with the Charpy test, can be established only the impact resistance, toughness. The fact of not taking into account these factors at the moment of choosing materials has produced serious damages. This project has the objective to design and build a machine called Pendulum Charpy following the existing regulation, with a desired magnitude view according to the technological advance. This machine will generate real values of different metallic materials to be used in the Electromechanic. Designing Pendulum Charpy will serve as a testing machine with educational purposes in the engineering students' learning, and also it will be available to people or industries that require it. Furthermore, a software of the latest technology was used in order to develop each components machine impact, such as: Solidworks as a mechanical design, MDSOLID in order to determine mechanical stresses in each of the bars; PROTEUS 8 which was used for simulating the digitization and subsequent routing of the plate in the ARES program. The applied rules to the development of the mechanical system are: ASTM E -23 impact tests methods of metallic materials. ASTM D 6110 Determination of Charpy Impact Properties, INEN NTE- 130 Charpy impact test for steel. Those will determine the minimum design requirements to the anvil, hammer, striking and specimen. These will ensure the results quality produced by the machine. Total price of the machine is \$U.S. \$ 2300

WORDS: Mechanical tests, Charpy pendulum, materials properties.

INTRODUCCIÓN

Tecnológicamente, las máquinas de ensayos mecánicos han progresado en los últimos años. Se han diseñado para realizar ensayos en diferentes tipos de materiales ya sean; aceros, plásticos, etc.; principalmente en la visualización electrónica para obtener un resultado más preciso, pero en cuanto a diseño general y principios de funcionamiento, son los mismos que cuando se inventaron.

Gracias a los avances tecnológicos y con una variedad de sensores, hoy en día, es posible digitalizar una magnitud, es decir convirtiendo una señal analógica a digital para controlar y visualizar de forma fácil y rápida,

En la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas en la Carrera de Ingeniería Electromecánica, surge la necesidad de implementar en el laboratorio de resistencia de materiales, dotándoles con una máquina de ensayo de impacto Charpy con una visión acorde al avance tecnológico, enmarcándole al futuro profesional inmiscuido dentro de esta rama poder seguir elevando su nivel académico.

Por tal motivo el presente trabajo de tesis tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento de la máquina de ensayo Charpy. El desarrollo del tema considera los siguientes capítulos: El capítulo I, contiene el marco teórico, mediante el cual se determina los principios y fundamentos básicos, para continuar con los conocimientos de los diversos componentes de la máquina. El capítulo II, trata acerca del análisis de factibilidad del proyecto, por la definición del problema, así se determina la viabilidad del proyecto. El capítulo III, define las limitaciones y especificaciones técnicas de acuerdo a las normas ASTM E23 ; NTE INEN 130. El cálculo y diseño de las diferentes partes de la máquina de ensayo.

También se incluye un manual de seguridad en el momento de realizar los ensayos para que observe y conozca los peligros existentes en la máquina.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A medida que se realizaron avances tecnológicos y el uso de materiales fue siendo un factor primordial en la construcción, fueron determinando la importancia de tomar en cuenta algunas variables que intervienen en el diseño de las máquinas ya que estas al no ser proyectadas tomando en cuenta los factores externos a los que están sometidos, sobre todo de temperatura, esfuerzo, velocidad de aplicación de la carga y nivel de concentración de esfuerzos, han causado grandes catástrofes producidos por fallos mecánicos entre ellos el efecto de la transición dúctil-frágil. Un ejemplo de ello se produjo durante la segunda guerra mundial, una gran cantidad de buques y tanques se fracturaban al ser sometidos a bajas temperaturas, debido a esto surgió la necesidad de evaluar el comportamiento de los materiales bajo aplicación de cargas dinámicas a diferentes temperaturas.

El péndulo Charpy es un dispositivo creado por Georges Charpy, se utiliza en ensayos para determinar la tenacidad de un material los cuales fueron muy difundidos en los Estados Unidos y una de las empresas pioneras fue la SATEC System, la cual realiza ensayos de flexión por choque según los métodos de Charpy y tracción por choque, con dos posiciones del martillo para alcances de 325,4 Joule (32,54 Kg-m) o bien 135,6 Joule (13,56 Kg-m), según los métodos. Con la finalidad de que el material esté actuando en las más severas condiciones, el método Charpy utiliza probetas ensayadas (estado triaxial de tensiones) y velocidades de deformación de 3 A 6 m/s.

En nuestro país pocas son las universidades que han realizado este tipo de investigación hacia el ensayo de materiales por choque así por ejemplo la EPN (Escuela Politécnica Nacional) y la UTA (Universidad Técnica de Ambato) cuentan con máquinas de ensayos de impacto en sus laboratorios, con el fin de ampliar el conocimiento en la ciencia de los materiales.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Diseño en ingeniería mecánica

Según (SHIGLEY, 1993 p. 6) dice que: “El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánicas: piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, ciencias de los materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la Ingeniería.”

Para los Tesistas, el diseño mecánico es diseñar diferentes elementos de origen mecánico tales como máquinas, dispositivos, herramientas, piezas; los cuales requieren de un cálculo matemático profundizado y un conocimiento en la ciencia de ingeniería aplicada y exacta.

1.2.3. Consideraciones o factores de diseño

En el diseño de máquinas se debe tener en consideración diferentes tipos de factores que determinarán el correcto dimensionamiento de los elementos de una máquina, entonces podemos decir que el factor de diseño constituye alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento o, quizá, en todo el sistema. En ocasiones, alguno de esos factores será crítico y, si se satisfacen sus condiciones, ya no será necesario considerar los demás. Por ejemplo, suelen tener en cuenta los factores siguientes:

- ✓ Resistencia

- ✓ Confiabilidad
- ✓ Condiciones térmicas
- ✓ Fricción o rozamiento seguridad
- ✓ Peso
- ✓ Forma
- ✓ Rigidez
- ✓ Acabado de superficies
- ✓ Mantenimiento
- ✓ Control

1.2.4. Ensayo Charpy o de impacto

Según (NÚÑEZ, y otros, 2004 pág. 92) dice que: “El aparato utilizado en este ensayo es un péndulo físico que en su caída desde una determinada altura golpea a la probeta de ensayo que se encuentra situada en el camino de oscilación del péndulo. La masa y dimensiones del péndulo permiten aplicar energías de impacto que oscilan entre 30 J para polímeros y 360 J para metales y aleaciones. La masa de caída posee una cuchilla roma de forma y dimensiones normalizadas situada de tal modo que la mitad de su filo coincida con el centro de gravedad de la masa del péndulo. Esta masa golpea en el centro de una probeta de una forma y tamaño también normalizados. La probeta, que está apoyada en sus dos extremos, sufre una flexión a tres puntos que, finalmente, produce su fractura. Puesto que la fractura se produce después de la flexión de la probeta, el ensayo se conoce como ensayo de flexión por choque.”

Para los Tesistas el ensayo de impacto, es una prueba que se realiza a los materiales cuando están sometidos a cargas dinámicas, por medio de un dispositivo que consta de un péndulo con una masa determinada, que al dejarlo caer desde una determinada altura, golpea una probeta normalizada y con la cual se determina la tenacidad y resiliencia del material. La energía absorbida mediante las relaciones energéticas producidas por la oscilación del péndulo, resulta de la diferencia de energía potencial con respecto a la altura, antes y después del impacto.

Realizada dicha relación energética se podrá determinar la tenacidad del material.

1.2.5. Aspectos generales de la máquina de ensayo por impacto Charpy

El efecto de un golpe depende tanto de la masa de las partes que reciben el golpe, como de la energía y masa del cuerpo que le golpea. La Tabla 1.1 indica los aspectos generales para el dimensionamiento de la máquina de péndulo Charpy

Los objetos que requieren normalización son:

- a) El yunque.
- b) Los apoyos para las probetas.
- c) La probeta.
- d) La masa percutiente.
- e) La velocidad.

TABLA 1. 1 ASPECTOS GENERALES DEL PÉNDULO DE CHARPY

DIMENSIONES	DESIGNACIÓN
40+/-0,5 mm	Distancia entre los apoyos
De 1 a 1,5 mm	Radio de curvatura de los soportes
1:05	Inclinación de los soportes
Tipo U y C	Martillo
3 a 6 m/s	Velocidad de impacto
30±1 kgf.m (294±10 J)	Capacidad de energía

Fuente: Norma ASTM E 23 y Norma INEN 130

Los aspectos principales de una máquina de impacto, pendular y de un solo impacto, son:

- ✓ Una masa móvil cuya energía cinética es suficiente para causar la ruptura de la probeta colocada en su camino.
- ✓ Un yunque y un apoyo sobre el cual se coloca la probeta para recibir el impacto.
- ✓ Un medio para medir la energía residual de la masa móvil después de que la probeta ha sido rota.

La energía cinética es determinada y controlada por la masa del péndulo y la altura de caída libre, medidas respecto al centro de la masa. El péndulo debe suspenderse de tal manera que caiga en un plano vertical sin posibilidad de desviación o restricción laterales, los rodamientos deben ser tales que la fricción sea ligera, el péndulo debe ser lo suficientemente fuerte para que las vibraciones excesivas no causen variaciones en los resultados. El mecanismo de liberación no debe influir en el libre movimiento del rodamiento del péndulo sin causar el efecto de atoramiento, aceleración o vibración. El yunque debe ser suficientemente pesado en relación con la energía de impacto para que no se pierda una cantidad indebida de energía por deformación o vibración. El dispositivo para apoyar la probeta debe ser tal, que la probeta quede exactamente sujeta en su posición antes del instante del impacto. Para indicar el balanceo del péndulo de las máquinas de tipo Charpy e Izod después de que la probeta ha sido rota, un brazo fijado al péndulo mueve “un señalador de fricción” sobre un arco graduado en grados o Julios.

1.3. FUNDAMENTOS FÍSICOS

1.3.1. Ley de la conservación de la energía

La energía no se crea ni se destruye; simplemente se transforma de una forma a otra, pero la cantidad total de energía nunca cambia, por ejemplo: podemos transformarla de energía potencial a energía cinética y viceversa. Dicho concepto se puede representar en la siguiente ecuación según (VALLEJO, 2006 p. 64) :

$$E_{p1} + E_{c1} = E_{p2} + E_{c2} \quad \text{Ec. 1. 1}$$

Donde:

E_{c1}, E_{c2} = Energía cinética

E_{p1}, E_{p2} = Energía potencial

1.3.1.1. Energía potencial gravitatoria

La energía potencial es la energía que mide la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo en función exclusivamente de su posición o configuración. Tomando en cuenta la fuerza de gravedad de la tierra. Suele abreviarse con la letra U o E_p . Según (VALLEJO, 2006 p. 65), su ecuación es:

$$E_p = mgh = Wxh \quad \text{Ec. 1. 2}$$

Donde:

m = Masa del cuerpo.

h = Altura.

W = Peso del cuerpo.

1.3.1.2. Energía cinética

La energía cinética, es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento. Se la conoce como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa establecida desde el reposo hasta la velocidad indicada. El cuerpo mantiene su energía cinética salvo que cambie su velocidad. Se simboliza con la letra E_c o E_k . Según (VALLEJO, 2006 p. 70) está dada por la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{Ec. 1. 3}$$

Donde:

E_c = Energía cinética

m = Masa del cuerpo.

v = Velocidad.

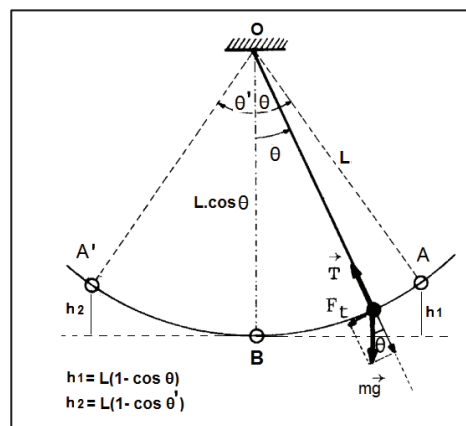
1.3.2. Péndulo simple

Conocido también como péndulo ideal, se define como una partícula de masa suspendida de un punto (O) por un hilo inextensible de longitud (L) y de masa despreciable.

1.3.2.1. Análisis del movimiento del péndulo simple

Según la ley de conservación de la energía, cuando el péndulo se encuentre en la posición inicial θ , este solamente posee energía potencial, la cual se transforma en energía cinética, cuando el péndulo pasa por la posición de equilibrio en B (se toma cero como referencia en B), como lo indica en la Figura 1.1.

FIGURA 1.1 ANÁLISIS DEL PÉNDULO SIMPLE



Fuente: Acienciasgalilei

Por tal definición utilizando la ley de la conservación de la energía cuando sobre una partícula actúa una fuerza conservativa, según (VALLEJO, 2006 p. 80), la ecuación se establece de la siguiente manera:

$$E_{c2} = E_{p1}$$

$$\frac{1}{2}mv_2^2 = mgh_1 \quad \text{Ec. 1. 4}$$

Entonces al despejar la ecuación final para encontrar la velocidad es:

$$V_2 = \sqrt{2g * h_1} \quad \text{Ec. 1. 5}$$

h_1 Se encuentra determinado como lo muestra Figura 1.1, según (ORTEGA, 1989-2006), la altura es:

$$h_1 = L(1 - \cos\theta) \quad \text{Ec. 1. 6}$$

Donde:

θ = Ángulo inicial

L = longitud del hilo

h_2 Se calcula bajo el mismo criterio que h_1 , cuando la masa pasa el punto (B)

$$h_2 = L(1 - \cos \theta') \quad \text{Ec. 1. 7}$$

Donde:

β = Ángulo final

L = longitud del hilo

Por tanto, se puede concluir por la ley de la conservación de la energía, que la energía perdida por el péndulo, es la energía que tiene la masa antes de soltarla (en h_1), menos la energía que tiene la masa cuando llega a la altura h_2 , como lo indica la siguiente ecuación según (ORTEGA, 1989-2006):

$$E_f = W(h_1 - h_2) \quad \text{Ec. 1. 8}$$

Remplazando h_1 y h_2 se tiene:

$$E_f = W \times L (\cos \theta' - \cos \theta) \quad \text{Ec. 1. 9}$$

Donde:

W =Peso

β = Ángulo final

θ = Ángulo inicial

L = Longitud del hilo

1.3.3. Fuerza dinámica

Las ecuaciones utilizadas para el cálculo de fuerzas y reacciones, serán tomadas del libro de (STIOPIN, 1976 p. 304).

La fuerza dinámica de impacto es la carga estática aplicada, amplificada n veces la cantidad de alargamiento estático producidos por efectos dinámicos de impacto. Y esta dado por la ecuación:

$$F_d = K_d \times W \quad \text{Ec. 1. 10}$$

Donde:

F_d = Fuerza dinámica de impacto

K_d =Factor dinámico,

W =Peso del péndulo,

1.3.3.1. *Coefficiente dinámico*

A la relación entre la respuesta dinámica de la estructura y la respuesta estática para la misma carga se la denomina coeficiente dinámico o factor dinámico de impacto y se la denomina con el símbolo K_d . Este factor representa la cantidad que el alargamiento estático se amplifica como consecuencia de los efectos dinámicos de la carga de impacto, según (STIOPIN, 1976 p. 304).

$$K_d = \sqrt{\frac{2h_1}{Y_s}} \quad \text{Ec. 1. 11}$$

Donde:

K_d = Coeficiente dinámico

Y_s = Deformación estática

h_1 = Altura de caída del péndulo

a) *Límite de fluencia*

Se define como la tensión de un material existente en la sección de una probeta normalizada de dicho material, sometida a un ensayo de tracción o a un ensayo de compresión, en el instante en que se inicia la fluencia o deformación plástica del mismo. Se representa mediante el símbolo (Y_s) y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Y_s = \frac{W * L^3}{48EI} \quad \text{Ec. 1. 12}$$

Donde:

W = Peso

L = Longitud de luz

E = Coeficiente de elasticidad del material

I =Momento de inercia en el área de la sección transversal

Momento de inercia de la sección rectangular:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Ec. 1. 13}$$

1.3.3.2. Momento máximo de impacto

El momento máximo de impacto se denomina a una magnitud, obtenida como producto del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza con respecto al punto al cual se toma el momento, por el vector fuerza y el coeficiente dinámico como lo expresa la ecuación, según (STIOPIN, 1976 p. 304) También se lo conoce como momento dinámico.

$$M_{\max} = F_i \times d_{cp} \times k_d \quad \text{Ec. 1. 14}$$

Dónde:

M_{\max} =Momento máximo

F_i = Fuerza de impacto

d_{cp} =Distancia al centro de percusión

k_d =Coeficiente dinámico de impacto

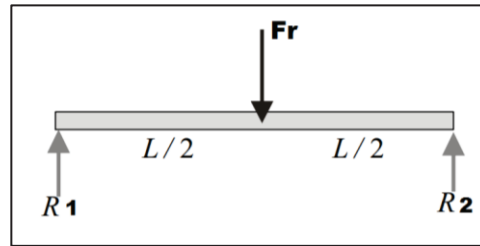
1.3.4. Análisis del esfuerzo

1.3.4.1. Fuerza cortante y momento flexionante en vigas

a) Fuerza cortante

La fuerza F_r , se transmite a los apoyos generandose en estos las reacciones R_1 y R_2 , como se muestra en la Figura 1.2 donde se ha dibujado solo la directriz de la viga.

FIGURA 1. 2 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE



Fuente: Bdigital.

Las reacciones son iguales, debido a la posición simétrica de la carga respecto de los apoyos absorbiendo cargas verticales, recibiendo cada una de ellas la mitad de la carga puntual como lo indica la siguiente ecuación según (SHIGLEY, 1993 p. 995):

$$R_1 = R_2 = \frac{Fr}{2} \quad \text{Ec. 1. 15}$$

Donde:

Fr = Fuerza resistente que soporta la barra

R_1, R_2 = Reacciones en la barra

b) Momento flector

El diagrama de momento flector, es una función lineal discontinua por tramos, con discontinuidad en $x = L/2$, donde hay un cambio de signo de la pendiente (de 0,5 a -0,5). La pendiente de la recta será positiva en la mitad izquierda de la viga y negativa en la derecha, representado en las siguientes expresiones:

$$M(x) = Frx/2 = 0,5Frx \text{ (mitad izquierda)}$$

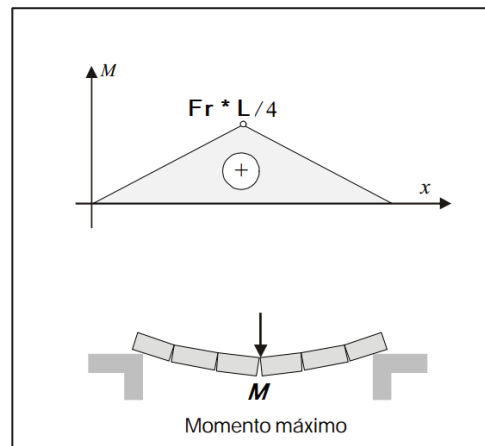
$$M(x) = - Frx/2 = - 0,5Frx \text{ (mitad derecha)}$$

En el punto de cambio de signo de la pendiente se produce un máximo valor de la variable M , que será el mayor en toda la longitud de la viga $R1$, $R2$ y tiene el valor según (SHIGLEY, 1993):

$$M_{\max} = Fr * \frac{L}{4} \quad \text{Ec. 1. 16}$$

La Figura 1.3 representa el diagrama de momento flector máximo .

FIGURA 1. 3 DIAGRAMA MOMENTO FLECTOR



Fuente: Bdigital.

c) Esfuerzo normal debido a flexión

Los esfuerzos normales, son aquellos debidos a fuerzas perpendiculares a la sección transversal. Esta es la formula mas utilizada en vigas de seccion constante $\sigma = \frac{M_{\max}}{Z}$, y muestra cómo el esfuerzo máximo se produce en la sección de momento flexionante máximo.

Según (SHIGLEY, 1993 p. 240), la condición de resistencia es:

$$\sigma \leq \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. 1. 17}$$

Y el módulo de sección rectangular esta dado por la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{bh^2}{6} \quad \text{Ec. 1. 18}$$

Donde:

σ =Esfuerzo normal

M_{\max} =Momento flector máximo

Z =Módulo de la sección rectangular

S_y =Límite de fluencia del material

n =Factor de seguridad

b =Base de la sección rectangular

h =Altura de la sección rectangular

Entonces el momento máximo se define por la siguiente ecuación:

$$M_{\max} = Z * \frac{S_y}{2} \quad \text{Ec. 1. 19}$$

d) Esfuerzo axial.

Esfuerzos axiales, son aquellos debidos a fuerzas que actúan a lo largo del eje del elemento y su ecuación se define de la siguiente forma según (SHIGLEY, 1993):

$$\sigma_c = -\frac{F}{A} \quad \text{Ec. 1. 20}$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo axial

F = Fuerza axial de compresión o tracción. $F = m * g$ donde (g) es la gravedad.

A = Área de la sección transversal donde se aplica la fuerza. $A = \frac{\pi * D^2}{4}$

Reemplazando la ecuacion se tiene:

$$\sigma_c = -\frac{4 * Wc_n}{\pi * D^2} \quad \text{Ec. 1. 21}$$

e) Esfuerzo debido a flexión, para una sección circular

Según (SHIGLEY, 1993) la ecuación del esfuerzo de flexión para una sección transversal circular indica:

$$\sigma_f = \frac{M_{\text{máx}} * C}{I} = \frac{M_{\text{máx}}}{S} \quad \text{Ec. 1. 22}$$

Donde:

σ_f =Esfuerzo flexionante

$M_{\text{máx}}$ = Momento flector máximo

C =Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo,

I =Segundo momento de área,

D =Diámetro exterior de sección circular

S = Módulo de sección circular

Segundo momento de área de un círculo:

$$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad \text{Ec. 1. 23}$$

Módulo de sección circular:

$$S = \frac{\pi d^3}{32} \quad \text{Ec. 1. 24}$$

Entonces el esfuerzo normal máximo para un módulo de sección circular se expresa de la siguiente manera:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{32M}{\pi d^3} \quad \text{Ec. 1. 25}$$

Según (SHIGLEY, 1993), la condición de diseño estático para una sección circular es:

$$\sigma_f \leq \frac{S_y}{n} = \frac{M_{\text{máx}} * C}{I} \quad \text{Ec. 1. 26}$$

Donde:

σ_f =Esfuerzo flexión

n =Factor de seguridad estático

S_y =Límite de fluencia del material

Según (SHIGLEY, 1993), entonces el Esfuerzo normal máximo para una sección circular está dado por:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_f \pm \sigma_c \quad \text{Ec. 1. 27}$$

Donde:

σ_{max} = Esfuerzo normal máximo

$\sigma_{f\text{max}}$ = Esfuerzo de flexión máximo

$\sigma_{c\text{max}}$ = Esfuerzo axial (compresión) máximo

f) Teorema de la energía de distorsión o teorema de Von Mises

Según (SHIGLEY, 1993) dice que: “La teoría de la energía de la deformación máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.” Y esta dado por la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \sigma_{\text{máx}} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ec. 1. 28}$$

Donde:

σ_x = Esfuerzo normal máximo

τ = Torsión pura

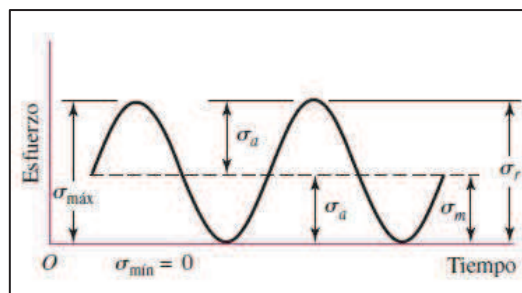
Para los Tesistas, el teorema de la energía de distorsión compara los límites elásticos de deformación, con los esfuerzos máximos de fluencia de tensión o compresión del material.

1.3.5. Diseño por resistencia a fatiga

1.3.5.1. Esfuerzos fluctuantes

Se considerará un caso especial de carga fluctuante, el cual es la fluctuación del esfuerzo repetido en una dirección como lo muestra la Figura 1.4, es decir cuando la carga se aplica y se remueve varias veces. Como se observa en la figura el esfuerzo fluctúa desde un máximo hasta un mínimo en cada ciclo.

FIGURA 1. 4 REPRESENTACIÓN DE FLUCTUACIÓN DE CARGAS



Fuente: Autores

1.3.5.2. Resistencia a la fatiga

Según (SHIGLEY, 1993 p. 278) dice que: Marín identificó los factores que cuantifican los efectos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura y otros puntos que modifican el límite de resistencia a la fatiga. La ecuación de Marín es:

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e' \quad \text{Ec. 1. 29}$$

Dónde:

S_e = Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico.

S_e' = Límite de resistencia a la fatiga de la muestra en viga rotatoria.

$$S_e' = 0,5 S_{ut} \rightarrow S_{ut} \leq \text{resistencia} \quad \text{Ec. 1. 30}$$

Donde:

S_{ut} = Resistencia última a la tracción del material.

k_a = Factor de modificación de la condición superficial.

$$k_a = a S_{ut}^b \quad \text{Ec. 1. 31}$$

k_b = Factor de modificación del tamaño.

$$k_b \begin{cases} 0,879 d^{-0,107} & 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg } \\ 0,91 d^{-0,157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg } \end{cases} \quad \text{Ec. 1. 32}$$

k_c = Factor de modificación de la carga. $k_c = 1$

k_d = Factor de modificación de la temperatura.

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} = 1 \quad \text{Ec. 1. 33}$$

k_e = Factor de confiabilidad.

k_f = Factor de modificación de efectos varios

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

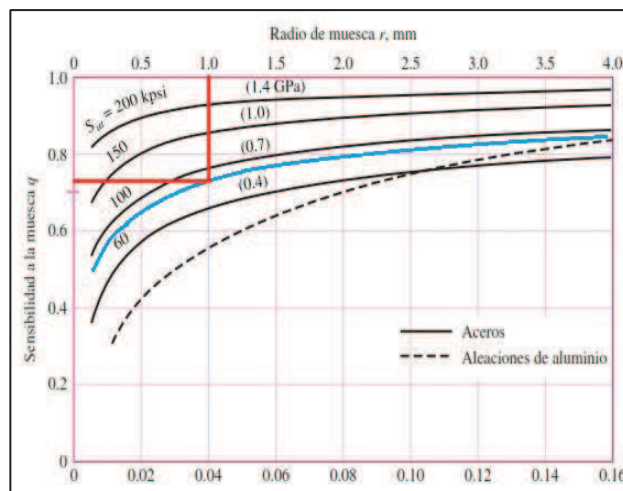
Ec. 1. 34

Donde:

K_t = Factor de concentración de tensiones

La Figura 1.5 muestra el diagrama de sensibilidad a las ranuras para aceros y aleaciones de aluminio forjado sometidos a cargas flexionantes o axiales invertidas alternativamente y con la cual se determina q .

FIGURA 1. 5 SENSIBILIDAD A LA MUESCA Q



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

La Figura 1.6 muestra el cálculo de la ranura para Q y la determinación del factor de concentración de tensiones teórico K_t , el cual está dado por la siguiente relación:

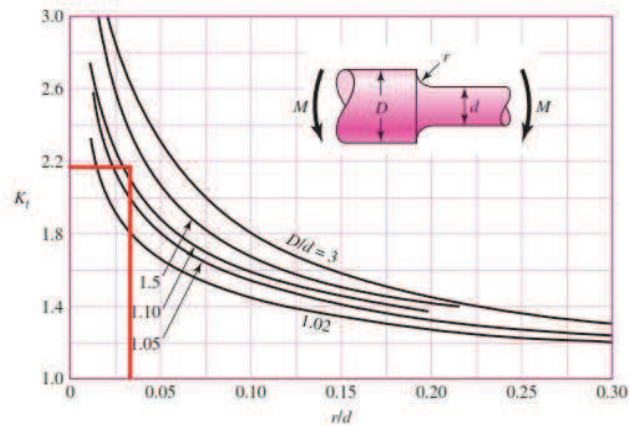
$$\frac{D}{d}$$

Ec. 1. 35

$$\frac{r}{d}$$

Ec. 1. 36

FIGURA 1.6 BARRA DE SECCIÓN CIRCULAR EN FLEXIÓN CON ESTRECHAMIENTO Y ENTALLE



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

1.3.5.3. Esfuerzos fluctuantes medios y alternantes

Según (SHIGLEY, 1993 p. 293), los esfuerzos medios y alternantes están dados por las ecuaciones siguientes:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad \text{Ec. 1. 37}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad \text{Ec. 1. 38}$$

Donde:

σ_m = Esfuerzo medio

σ_a = Esfuerzo alternante

a) Teoría de falla de la recta de Soderberg

Según (SHIGLEY, 1993 p. 298), la teoría se fundamenta en los valores de tensión media y alternante en el punto analizado y establece que la pieza resistirá en el punto analizado siempre que se cumpla la siguiente ecuación:

$$\frac{\sigma_m}{S_y} + \frac{\sigma_a}{S_e} = \frac{1}{n} \quad \text{Ec. 1. 39}$$

b) Esfuerzo cortante máximo

La teoría de esfuerzo cortante máximo testifica que se inicia la fluencia siempre que, en un elemento mecánico, el esfuerzo cortante máximo se vuelve igual al esfuerzo cortante máximo en una probeta a tensión, cuando ese espécimen empieza a ceder. El esfuerzo cortante máximo, según (HALL, 1971 p. 10) es:

$$\tau_{\max} = \frac{MC}{2I} \quad \text{Ec. 1. 40}$$

Donde:

τ_{\max} =Esfuerzo cortante máximo

M =Momento máximo de flexión

C =Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo,

I =Momento de inercia de la sección transversal

Utilizamos la ecuación 1.13, para encontrar el momento de inercia de una sección rectangular.

c) Esfuerzo cortante máximo dinámico

Según la teoría de impacto, cuando el impacto se produce súbitamente, los esfuerzos y deformaciones en el instante serán dos veces mayores que en la acción estática. Entonces según (STIOPIN, 1976 p. 304), la ecuación es:

$$\tau_{\max d} = k_d * \tau_{\max} \quad \text{Ec. 1. 41}$$

Donde:

$\tau_{\max d}$ =Esfuerzo cortante dinámico

τ_{\max} =Esfuerzo cortante estático máximo

k_d =Factor dinámico de carga (2)

d) Condición que permite diseñar por corte

Según (SHIGLEY, 1993 p. 352), la teoría del esfuerzo cortante máximo predice que, la falla se generará siempre que:

$$\tau_{\max d} = 0,577 \frac{S_y}{n} \quad \text{Ec. 1. 42}$$

Donde:

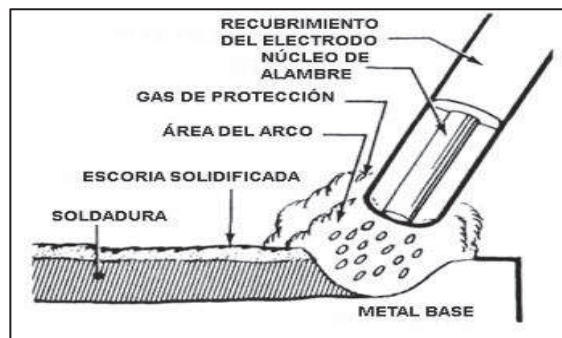
S_y = Límite de fluencia del material

n = Factor de seguridad

1.3.6. Soldadura

La soldadura es un proceso en donde se realiza la unión de dos piezas de un material por lo general metales o termoplásticos, usualmente logrado a través de la fusión, se puede agregar un material de aporte (metal o plástico), que al fundirse forma un charco de material fundido entre las piezas a soldar y, al enfriarse, se convierte en una unión fija a la que se le denomina cordón. La Figura 1.7 muestra el proceso de soldadura en este caso SMAW.

FIGURA 1. 7 PROCESO DE SOLDADURA



Fuente: Tecnoficio

1.3.6.1. Soldadura de filete

Este tipo de soldadura se clasifica de acuerdo con la dirección de la carga:

- Carga paralela
- Carga transversal

Según (HALL, 1971 p. 301), se puede establecer el esfuerzo cortante a la soldadura mediante la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F_t}{0,765 * a * l} \quad \text{Ec. 1. 43}$$

Donde:

τ = Esfuerzo de corte

F_t = Fuerza transversal

a = Longitud del filete

l = Longitud de soldadura

Según (HALL, 1971), para que una soldadura sea eficiente se debe tomar en cuenta la siguiente condición:

$$\tau_{adm} > \tau_{req} \quad \text{Ec. 1. 44}$$

Donde:

τ_{adm} = Esfuerzo cortante admisible $\tau_{adm} = 0,6 S_y$ ver (ANEXO 6)

τ_{req} = Esfuerzo cortante requerido o calculado

Mediante este criterio se puede determinar que el dimensionamiento de la soldadura es óptimo para los fines pertinentes.

a) Selección de electrodo

La selección del electrodo se determina bajo diferentes criterios, que intervienen de acuerdo a las cargas constante permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete tales como: el nivel de resistencia del metal de aporte, el esfuerzo cortante permisible en la garganta de soldadura de filete, que a través de tablas se puede determinar la fuerza unitaria permisible, con la cual posteriormente se podrá establecer el esfuerzo que soporta la suelda. Cuando se cumple la siguiente condición, según (HALL, 1971), se puede establecer que el material de aporte es satisfactorio:

$$F_{\text{per}} \geq F_{\text{req}} \quad \text{Ec. 1. 45}$$

1.3.7. Rodamientos

Un rodamiento es un tipo de cojinete, se define como un elemento mecánico, que reduce la fricción entre un eje y las piezas acopladas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

La selección del rodamiento está en función de su carga estática y no en base a su duración para los siguientes casos a conocer:

- Para un rodamiento estacionario que soporte cargas continuas o intermitentes (choques)
- Para que el rodamiento presente pequeños movimientos de oscilación o alineación bajo carga.
- Para que el rodamiento gire bajo carga a velocidades muy bajas
- Cuando el rodamiento gira y esté sometido a elevadas cargas de impacto durante una fracción de revolución.

1.3.7.1. Capacidad de carga estática

Según (HALL, 1971), la capacidad de carga estática, es la carga que actúa sobre un rodamiento que no gira. Y está definido por la ecuación:

$$C_{o_{req}} = P_o * f_s \quad \text{Ec. 1. 46}$$

Donde

f_s =Factor de esfuerzo estático

$C_{o_{req}}$ =Capacidad de carga estática requerida

P_o =Carga estática equivalente

La Carga estática según (HALL, 1971), equivalente esta expresada por:

$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a \quad \text{Ec. 1. 47}$$

Donde:

X_o = Factor de carga radial

F_r =Carga radial

Y_o = Factor de carga axial

F_a =Carga axial

Según (HALL, 1971), existen dos alternativas para calcular la carga estática equivalente:

$$P_o = F_r,$$

$$\text{Cuando } \frac{F_a}{F_r} \leq 0,8 \quad \text{Ec. 1. 48}$$

$$P_o = 0,6F_r + 0,5F_a,$$

$$\text{Cuando } \frac{F_a}{F_r} > 0,8 \quad \text{Ec. 1. 49}$$

1.4. PROPIEDADES DE IMPACTO

A través de un ensayo de impacto es posible caracterizar las siguientes propiedades tecnológicas:

1.4.1. Tenacidad

Según (CALLISTER, 2002 pág. 132) dice que: “La tenacidad de un material es un término mecánico que se utiliza en varios contextos; en sentido amplio, es una medida de la capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura. La geometría de la probeta así como la manera con que se aplica la carga son importantes en la determinación de la tenacidad.” En el caso de condiciones de cargas dinámicas (alta velocidad de deformación) y cuando una entalla (o sea un concentrador de tensiones) está presente, la tenacidad a la entalla es evaluada utilizando ensayos de impacto. Además, la tenacidad de fractura es una propiedad que nos indica la resistencia a la fractura de un material cuando existe una grieta.

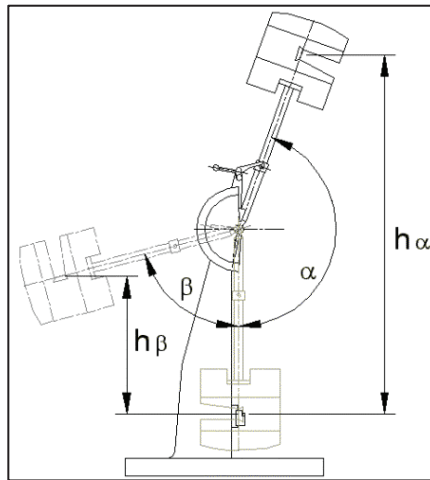
Para los Tesistas la tenacidad es una propiedad de la mayoría de los materiales que se emplean en el diseño de máquinas o herramientas la cual se genera cuando dicho material es sometido a una carga de impacto, en este punto se refiere a la energía que absorbe el material antes de su fractura, éste es un parámetro auxiliar de selección de materiales y de diseño.

a) Energía de impacto

La energía absorbida (E_a) por la probeta, para producir su fractura, se determina a través de la diferencia de energía potencial del péndulo antes y después del impacto. Una vez conocido el ángulo inicial de aplicación de la carga (α) y el ángulo final (β) al que se eleva el péndulo después de la rotura completa de la probeta, se puede calcular la energía (E_a) mediante la expresión y como indica la Figura 1.8:

$$E_a = WxL(\cos \beta - \cos \theta)$$

FIGURA 1. 8 ESQUEMA PÉNDULO CHARPY

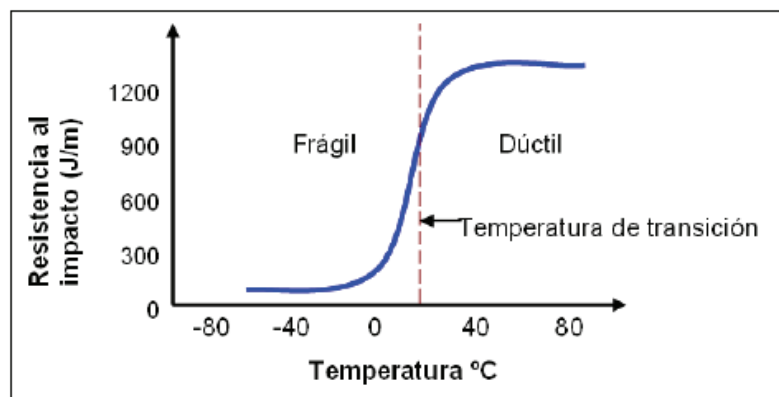


Fuente: <http://www.utp.edu.co/~gcalle/Contenidos/Impacto.htm>

1.4.2. Temperatura de transición de dúctil a frágil

Los materiales sufren un cambio brusco en ductilidad y tenacidad en un rango corto de temperatura, cuando el material absorbe muy poca energía antes de romperse, presenta un comportamiento frágil, mientras que, cuando un material es capaz de absorber gran cantidad de energía, tiene un comportamiento tenaz. La temperatura de transición dúctil – frágil es un parámetro auxiliar de selección de materiales y de diseño. Como se muestra en la figura 1.9

FIGURA 1. 9 TEMPERATURA DE TRANSICIÓN



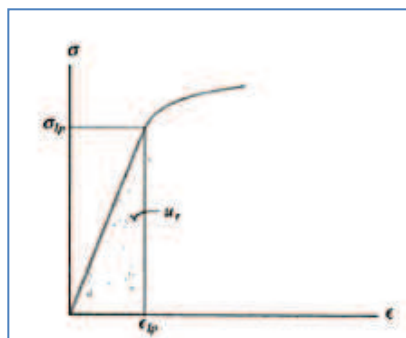
Fuente: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7124_impacto.pdf

1.4.3. Resiliencia

La resiliencia es la capacidad que presenta un material para absorber energía cuando es deformado elásticamente y devolverla cuando la carga deja de aplicarse, se mide mediante el módulo de resiliencia.

Módulo de resiliencia.- Cuando el esfuerzo (σ) alcanza el límite de proporcionalidad, a la densidad de la energía de deformación unitaria. En la región elástica del diagrama de esfuerzo – deformación unitaria, Figura 1.10, advierta que u_r es equivalente al área triangular sombreada bajo el diagrama. La resiliencia de un material representa físicamente la capacidad de este de absorber energía sin ningún daño permanente en el material. (HIBBELER, 2006 pág. 96)

FIGURA 1. 10 MÓDULO DE RESILIENCIA



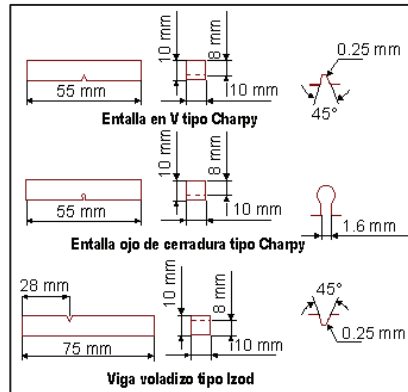
Fuente: HIBBELER R. C.; Mecánica de Materiales

1.5. PROBETAS PARA EL ENSAYO DE CHARPY

En la figura 1.11 se aprecian los tres tipos de probeta Charpy que existen y sus dimensiones. La probeta más empleada es la de ranura en “v” En los materiales forjados, y particularmente en aquellos que hayan sido trabajados en frío, se pueden esperar propiedades diferentes en distintas direcciones con respecto a la del trabajo aplicado, y la probeta de ensayo debe cortarse del material original de tal manera que se obtenga la resistencia en la dirección deseada. Con excepción de las probetas para fatiga y las de materiales extremadamente frágiles.

Las cuales deben tener las dimensiones establecidas según la norma ASTM E23-62 en la tabla 1.2.

FIGURA 1. 11 GEOMETRÍA Y DIMENSIONES DE LAS DIFERENTES PROBETAS



Fuente: Norma ASTM E23-62

TABLA 1. 2 MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE LA PROBETA DE ENSAYO CHARPY EN “V”

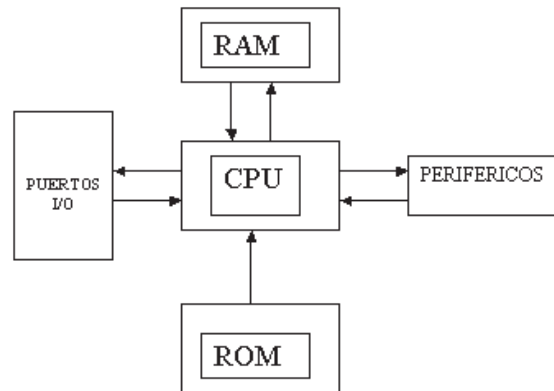
Designación	Dimensiones Nominales	Tolerancias de Maquinado
Longitud	55 mm	(+/-) 0,60
Espesor	10 mm	(+/-) 0,11
Ancho	10 mm	(+/-) 0,11
Ángulo de la ranura	45°	(+/-) 0,09
Profundidad de la ranura	2 mm	(+/-) 0,08
Radio de curvatura en el fondo de la ranura	0,25 mm	(+/-) 0,02
Distancia del centro de la ranura a los extremos de la probeta	27,5 mm	(+/-) 0,42

Fuente: Norma ASTM E23-62

1.6. MICROCONTROLADOR

Es un circuito integrado que contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada/salida y periféricos, véase en la figura 1.12. Estas partes están interconectadas y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora. Se puede decir que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado. (Electronica estudio)

FIGURA 1. 12 ARQUITECTURA DE UN MICROCONTROLADOR



Fuente: <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>

El propósito fundamental de los microcontroladores es leer y ejecutar los programas que el usuario le escribe, es por esto que la programación es una actividad indispensable cuando se diseñan circuitos y sistemas que los incluyan. El carácter programable de los microcontroladores simplifica el diseño de circuitos electrónicos, permiten modularidad y flexibilidad. Las aplicaciones de los microcontroladores son vastas, se puede decir que solo están limitadas por la imaginación del usuario. Es común encontrar microcontroladores en campos como la robótica y el automatismo, en la industria del entretenimiento.

1.6.1. ¿Cómo elegir un microcontrolador?

Antes de empezar a diseñar un dispositivo basado en un microcontrolador se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- ✓ Cuántas entradas/líneas necesita para su funcionamiento
- ✓ Realizaría el dispositivo varias operaciones.
- ✓ Necesita módulos especializados, como el de comunicación en serie.
- ✓ Se necesita convertidores Análogos / Digitales.

1.6.2. Microcontroladores PIC

El nombre verdadero de este microcontrolador es PICmicro (Peripheral Interface Controller), conocido bajo el nombre PIC. Su primer antecesor fue creado en 1975 por la compañía General Instruments. Este chip denominado PIC1650 fue diseñado para propósitos completamente diferentes. Diez años más tarde, al añadir una memoria EEPROM, este circuito se convirtió en un verdadero microcontrolador PIC. Todos los microcontroladores PIC utilizan una arquitectura Harvard, lo que quiere decir que su memoria de programa está conectada a la CPU por más de 8 líneas. Hay microcontroladores de 12, 14 y 16 bits, dependiendo de la anchura del bus, como se muestra la tabla 1.3.

TABLA 1. 3 FAMILIA DE MICROCONTROLADORES PIC

Familia	ROM [kbytes]	Ram [bytes]	Pines	Frecuencia de reloj. [Mhz]	Entradas ADD	Resolucion del convertidor A/D	Comparadores	Temporizadores de 8/16 bits	Comunicación serial	Salidas PWM	Otros
PIC10FXX X	0.375 - 0.75	16 - 24	6 - 8	4 - 8	0 - 2	8	0 - 1	1 x 8	-	-	-
PIC12FXX X	0.75 - 1.5	25 - 38	8	4 - 8	0 - 3	8	0 - 1	1 x 8	-	-	EEPROM
PIC16FXX X	0.75 - 3	25 - 134	14 - 44	20	0 - 3	8	0 - 2	1 x 8	-	-	EEPROM
PIC16HVX XX	1.5	25	18 - 20	20	-	-	-	1 x 8	-	-	Vdd = 15V
Arquitectura de la gama media de 8 bits, palabra de instrucción de 14 bits											
PIC12FXX X	1.75 - 3.5	64 - 128	8	20	0 - 4	10	1	1 - 2 x 8 1 x 16	-	0 - 1	EEPROM
PIC12HVX XX	1.75	64	8	20	0 - 4	10	1	1 - 2 x 8 1 x 16	-	0 - 1	-
PIC16FXX X	1.75 - 14	64 - 368	14 - 64	20	0 - 13	8 or 10	0 - 2	1 - 2 x 8 1 x 16	USART I2C SPI	0 - 3	-
PIC16HVX XX	1.75 - 3.5	64 - 128	14 - 20	20	0 - 12	10	2	2 x 8 1 x 16	USART I2C SPI	-	-
Arquitectura de la gama media de 8 bits, palabra de instrucción de 16 bits											
PIC 18FXXX	4 - 128	256 - 3936	18 - 80	32 - 48	4 - 16	10 or 12	0 - 3	0 - 2 x 8 2 - 3 x 16	USB2.0 CAN2.0 USART I2C SPI	0 - 5	-
PIC18FXXJ XX	8 - 128	1024 - 3936	28 - 100	40 - 48	10 - 16	10	2	0 - 2 x 8 2 - 3 x 16	USB2.0 USART Ethernet I2C SPI	2 - 5	-
PIC18FXX KXX	8 - 64	768 - 3936	28 - 44	64	10 - 13	10	2	1 x 8 3 x 16	USART I2C SPI	2	-

Fuente:<http://microcontroladoresesv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>

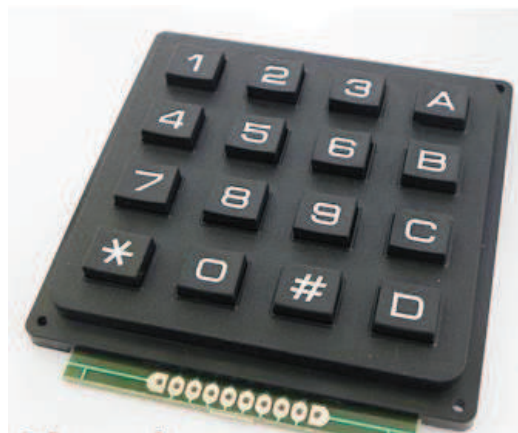
Como se puede ver en la tabla 1.3, salvo los microcontroladores de 16 bits” PIC 24FXXX y PIC 24HXXX, todos los microcontroladores tienen la arquitectura Harvard de 8 bits y pertenecen a una de las tres grandes grupos. Por eso, dependiendo del tamaño de palabra de programa existen la primera, la segunda y la tercera categoría de microcontroladores, es decir microcontroladores de 12, 14 o 16 bits.

Puesto que disponen del núcleo similar de 8 bits, todos utilizan el mismo juego de instrucciones y el “esqueleto” básico de hardware conectado a más o menos unidades periféricas. (Sanchez Sergio)

1.7. TECLADO MATRICIAL 4X4

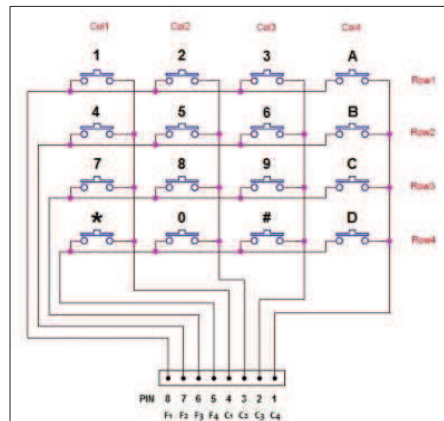
El teclado matricial 4x4 está constituido por una matriz de pulsadores dispuestos en 4 filas y 4 columnas, ver figuras; 1.13; 1.14, con la intención de reducir el número de pines necesarios para su conexión. Las 16 teclas necesitan sólo 8 pines del microcontrolador, en lugar de los 16 pines que se requerirían para la conexión de 16 teclas independientes.

FIGURA 1. 13. PRESENTACIÓN COMERCIAL DEL TECLADO MATRICIAL 4X4



Fuente: <http://www.abcelectronica.net/productos/teclados/>

FIGURA 1. 14 DIAGRAMA GENERAL DE UN TECLADO MATRICIAL 4X4



Fuente: <http://www.abcelectronica.net/productos/teclados/>

1.8. PANTALLA GRÁFICA DE CRISTAL LÍQUIDO (GLCD)

Una pantalla gráfica de cristal líquido o GLCD (acrónimo del inglés Graphic Liquid Crystal Display) está formada por una matriz de píxeles monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora, generalmente de luz verde o azul. Como se muestra en la figura 1.15.

FIGURA 1. 15 LCD 128 x 64



Fuente: <http://www.bricogeek.com/shop/pantallas-lcd/334-pantalla-serial-lcd-128x64.html>

Se caracteriza por su bajo consumo, fácil manejo con microprocesadores de 8-Bits, memoria RAM interna del mismo tamaño de la pantalla, es decir si una pantalla de 128 píxeles de largo por 64 píxeles de alto tiene una memoria RAM interna de la misma capacidad (128x64).

1.9. SENSORES

En general se conocen como sensores los elementos electrónicos de medición que permiten a un dispositivo de control conocer las variables de interés del proceso que controla. (DOMINGO PEÑA, y otros, 2003 pág. 38)

1.9.1. Clasificación según la alimentación

- a) **Pasivos.-** Se basan en la modificación de la geometría o de la impedancia eléctrica o magnética con determinadas condiciones físicas o químicas. Si se alimentan, provocan cambios en la tensión o en la corriente del circuito en el cual operen.
- b) **Activos.-** son generadores eléctricos, normalmente de señal débil. No necesitan ninguna alimentación externa, a excepción de la que necesite un amplificador para dar la potencia necesaria que haga útil el sensor. (DOMINGO PEÑA, y otros, 2003 pág. 41)

1.9.2. Clasificación según el tipo de señal de salida

- a) **Analógico.-** Aquellos que dan como salida un valor de tensión o corriente variable en forma continua dentro del campo de medida. Es frecuente para este tipo de transductores que incluyan una etapa de salida para suministrar señales normalizadas de 0-10 v o 4-20 Ma.
- b) **Digitales.-** Son aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de una palabra digital codificada en binario, BCD u otro sistema cualquiera.
- c) **Todo-nada.-** indican únicamente cuando la variable detectan rebasa un cierto umbral o limite. Pueden considerarse como un caso límite de los sensores digitales en el que se codifican solo dos estados. (BALCELLS, y otros, 1997 pág. 114)

1.9.3. Clasificación según la magnitud física a detectar

En cuanto a la naturaleza de la magnitud física a detectar, existe una gran variedad de sensores en la industria, como se ve en la tabla 1.4

TABLA 1. 4 TRANSDUCTORES DE DIVERSAS MAGNITUDES FÍSICAS

MAGNITUD DETECTADA	TRANSDUCTOR	CARACTERISTICAS
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógico
	Encoders	Digital
	Sincro y resolver	Analógicos
Pequeños desplazamientos o deformaciones	Transformador diferencial	Analógico
	Galga extensométrica	Analógico
Velocidad lineal o angular	Dinamo tacométrica	Analógico
	Encoders	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digital
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Sensor de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y par	Medición interna	Analógicos
	(Galgas o trafos diferenciales)	
Presión	Membrana + detector de desplazamiento	Analógicos
	Piezoeléctricos	Analógicos
Caudal	De turbina	Analógico
	Magnético	Analógico
Temperatura	Termopar	Analógico
	Resistencias PT100	Analógico
	Resistencias NTC	Analógico
	Resistencias PTC	Todo - nada
	Bimetálicos	Todo - nada
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo - nada o Analógicos

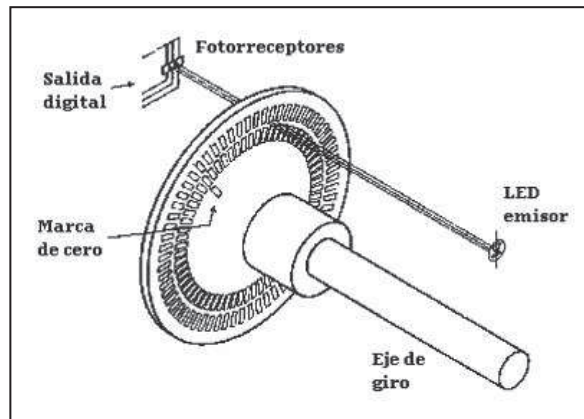
Fuente: BALCELLS J. Autómatas Programables

1.9.4. Encoder incremental

Un encoder es un sensor electro-opto-mecánico que unido a un eje, (motor) proporciona información de la posición angular. Su fin, es actuar como un dispositivo de realimentación en sistemas de control integrado.

Según (TEDESCO, 2011 pág. 159) dice que: Para un caso de conectividad con variador, el encoder compara los pulsos programados en el variador con respecto al motor y corrige de ser necesarias las desviaciones, ocasionadas por movimientos lineales, circulares, velocidades rotacionales, aceleraciones y cargas. Este tipo de encoder se caracteriza porque determina su posición, contando el número de impulsos que se genera cuando un rayo de luz, es atravesado por marcas opacas en la superficie de un disco unido al eje. La figura muestra la constitución de un encoder incremental.

FIGURA 1. 16 PARTE INTERNA DEL ENCODER INCREMENTAL



Fuente: TEDESCO, C. Ascensores electrónicos y variadores de velocidad

El encoder incremental (Figura 1.16.) utiliza un disco unido al eje, este disco es pequeño marcado con una gran cantidad de líneas de la parte radial como los radios de una rueda. El interruptor óptico, parecido a un fotodiodo, genera un pulso eléctrico cada vez que una de las líneas pase a través de su campo visual.

Este sistema, en su forma más simple, no puede medir el ángulo absoluto del eje. Puede medir solamente el cambio en ángulo. Además, este sistema no puede decir en qué dirección está rotando el eje. Para ello, el sensor óptico se debe aumentar a dos sensores colocados en ángulos diversos alrededor del eje. La dirección de rotación se puede deducir en orden en la cual los dos sensores detecten cada línea radial. Este tipo de codificador se conoce como codificador de la cuadratura.

1.10. COMUNICACIÓN SERIAL

Debido a que el estándar del puerto serial se mantiene desde hace muchos años, la institución de normalización americana (EIA) ha escrito la norma RS-232-C que regula el protocolo de la transmisión de datos, el cableado, las señales eléctricas y los conectores. La comunicación realizada con el puerto serial es asíncrona. Para la sincronización de una comunicación se precisa siempre de un bit adicional a través del cual el emisor y el receptor intercambian la señal del pulso. Pero en la transmisión serial a través de un cable de dos líneas esto no es posible ya que ambas están ocupadas por los datos y la tierra. Por este motivo se intercalan antes y después de los datos de información de estado según el protocolo RS-232. Esta información es determinada por el emisor y el receptor al estructurar la conexión mediante la correspondiente programación de sus puertos seriales. Esta información puede ser:

- ✓ **Bit de inicio:** Indica al receptor cuando inicia la transmisión de datos, y entonces debe leer las señales a distancias concretas de tiempo, en función de la velocidad determinada.

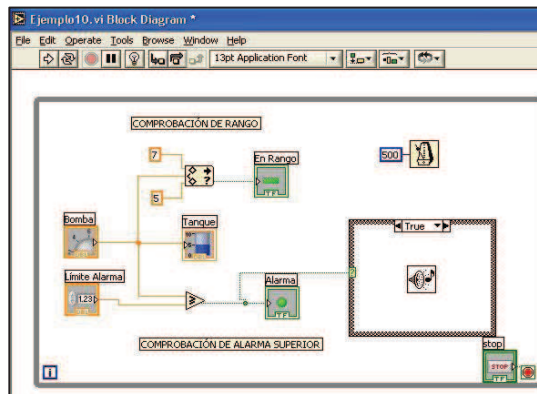
- ✓ **Bit de parada:** Indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada.

- ✓ **Bit de paridad:** sirve descubrir errores en la transmisión. Se puede dar paridad par o impar.

1.11. LABVIEW (ACRÓNICO DE LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENTATION ENGINEERING WORKBENCH)

LabVIEW es una plataforma o campo de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, destinado para un lenguaje visual de programación, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan C o BASIC los cuales se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa mientras que LabVIEW, emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques como lo muestra la Figura 1.17.

FIGURA 1. 17 DIAGRAMA DE BLOQUES

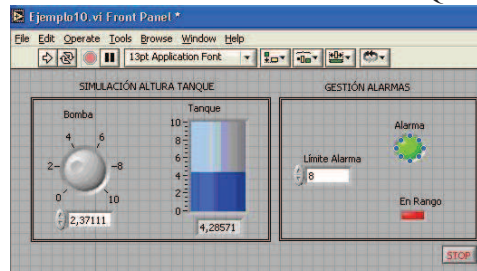


Fuente: sandralabview

1.11.1. Definición de instrumento virtual

Esta se define como una capa de hardware y software, que se le implementa a una PC, la misma que permite al usuario interactuar con la computadora como si fuese un instrumento electrónico como lo indica la Figura 1.18.

FIGURA 1. 18 DIAGRAMA DE BLOQUES



Fuente: sandralabview

CAPÍTULO II

2. TRABAJO DE CAMPO

2.1. METODOLOGÍA APLICADA

Para el desarrollo del proyecto se tomó a la investigación experimental como parte de la metodología aplicada.

La investigación experimental en las ciencias de la ingeniería la cual presenta una serie de características que la vinculan en forma natural con los principios basados en el método científico y va de la mano con la investigación tecnológica, la misma indica que las instancias de promoción inicial de los proyectos de investigación y la evaluación de la investigación tecnológica pueden ser utilizadas como un instrumento para fomentar la innovación.

Se ha utilizado la investigación de campo ya que es un proceso, que se basa en el método científico, permitiendo estudiar una situación para determinar necesidades y problemas aplicando los conocimientos con un fin práctico.

Además se ha tomado como referente a la investigación bibliográfica, ya que la misma permite la utilización de estrategias para identificar, analizar y registrar datos que sirvan para la ejecución del proyecto. Se utilizó este tipo de investigación ya que no existen registros de construcción de un péndulo Charpy, con visualización digital en la provincia, el mismo que generará datos precisos del material ensayado y con ello mejorar el diseño de proyectos a ser desarrollados.

Para el desarrollo del proyecto se necesitó fundamentarnos en algunos tipos de métodos y técnicas.

Se utilizó el método inductivo-deductivo ya que a partir de la observación y experimentación se puede realizar diferente tipo de comparaciones y así poder determinar el comportamiento de diferentes tipos de materiales.

Las técnicas aplicadas en el presente proyecto son: la observación y la encuesta.

Las técnicas de observación tienen como finalidad describir y registrar sistemáticamente las manifestaciones de la conducta del objeto dando como resultado una constante de observación del mismo adquiriendo con ésta un grado de experiencia para trabajar con dicho objeto.

La encuesta consiste en obtener información de los sujetos de estudio, proporcionada por los estudiantes de Ingeniería Industrial e Ingeniería Electromecánica permita determinar que la digitalización en el péndulo charpy ayudará a obtener medidas más precisas y con ello mejorar los diseños de diferentes proyectos que se empleen los materiales.

Para finalizar se procede al análisis e interpretación de resultados para generar datos que faciliten la toma de decisiones en el desarrollo del presente proyecto.

2.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para la realización del trabajo de campo, la técnica que se ha utilizado es la consulta a estudiantes de la universidad, el instrumento aplicado es el cuestionario el cual está dirigido los alumnos de las carreras de ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial obteniendo datos de vital importancia para el desarrollo de este proyecto.

2.2.1. Población

Para la presente investigación, se aplicó la herramienta encuesta a estudiantes de Sexto, Séptimo y Octavo nivel de las especialidades de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial del CIYA, los cuales se desagregan en la siguiente tabla:

TABLA 2. 1 POBLACIÓN

Valores		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	SEXTO	22	28,2	28,6
	SÉPTIMO	38	48,7	49,4
	OCTAVO	17	21,8	22,1
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

De la encuesta realizada a los estudiantes de sexto, séptimo y octavo de las especialidades de electromecánica e industrial, para evaluar la importancia de tener equipos de ensayos de materiales en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se obtuvieron los siguientes datos:

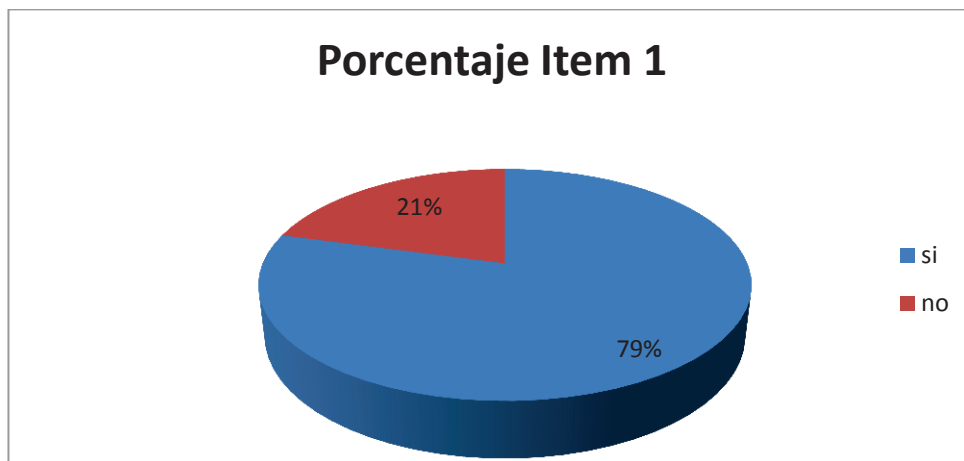
Pregunta N. 1 ¿Conoce la importancia de realizar ensayos mecánicos de materiales?

TABLA 2. 2 ANÁLISIS DE LA PRIMERA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido %
Válidos	Si	61	78,2	79,2
	No	16	20,5	20,8
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 1 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.2.

En la tabla 2.2 se registra datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 61 de ellos que representan el 79,2% si conocen sobre la importancia de realizar ensayos mecánicos de materiales, mientras que 16 personas que representan el 20,8% de la población no conocen la importancia del tema en estudio.

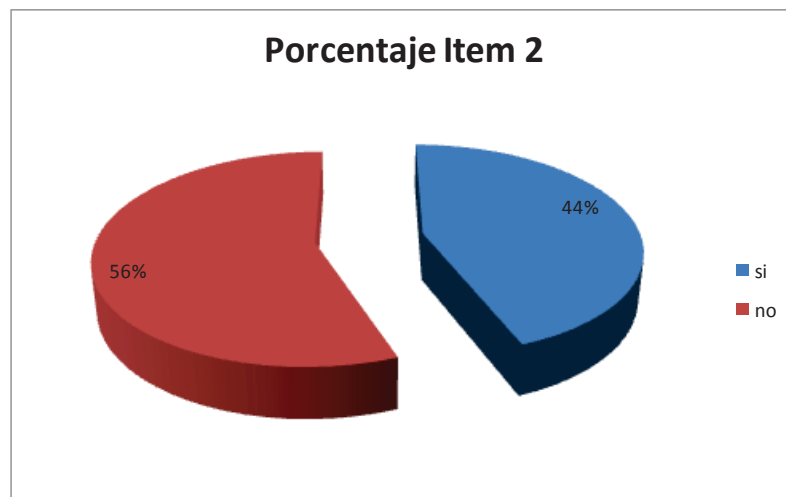
Pregunta N. 2 ¿Conoce los tipos de ensayos de materiales?

TABLA 2. 3 ANÁLISIS DE LA SEGUNDA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Si	34	43,6	44,2
	No	43	55,1	55,8
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 2 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.3.

En la Tabla 2.3 se registra datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, respecto al conocimiento sobre el tipo de ensayos de materiales; con una frecuencia de 34 personas que representan al 44,2% del porcentaje valido los estudiantes sostienen que si conocen los tipos de ensayos mientras que 43 individuos que equivalen al 55,8% manifiestan que no conocen del tema.

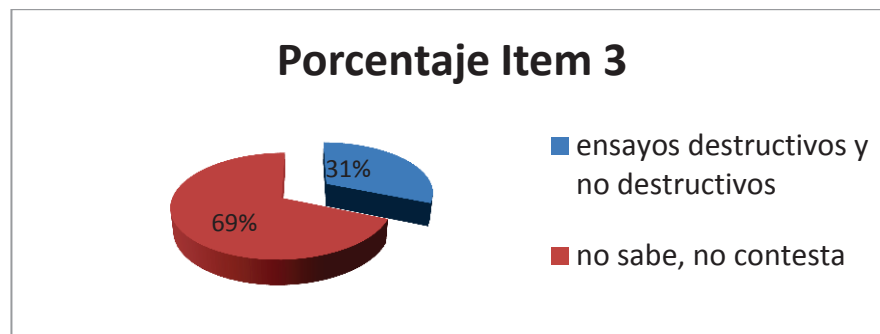
Pregunta N. 3 ¿Qué tipos de ensayos mecánicos de materiales conoce?

TABLA 2. 4 ANÁLISIS DE LA TERCERA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Ensayos destructivos y no destructivos (y su clasificación)	24	30,8	31,2
	No sabe, no contesta	53	67,9	68,8
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 3. REPRESENTACION GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.4.

En la Tabla 2.4. Se registra datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, la pregunta agrupa dos valores para identificar los tipos de ensayos mecánicos de materiales que conocen los estudiantes, para efecto y con mayor porcentaje el 68,8% no contestó la pregunta en cuestión, mostrando desconocimiento, mientras que el 31,2% conoce sobre los ensayos destructivos y no destructivos y su clasificación.

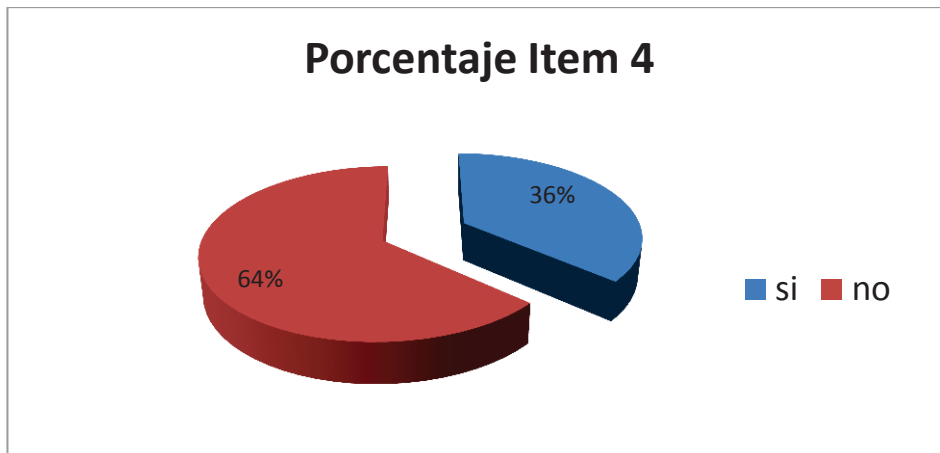
Pregunta N. 4 ¿Conoce qué es el ensayo de impacto Péndulo Charpy?

TABLA 2. 5 ANÁLISIS DE LA CUARTA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Si	28	35,9	36,4
	No	49	62,8	63,6
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CUARTA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.5.

En la Tabla 2.5. Se compila datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, siendo la pregunta central para recoger información si el estudiante conoce o no sobre el ensayo de Péndulo Charpy; para 49 estudiantes que representan el 63,6% este tipo de ensayo no es conocido, mientras que para 28 que equivalen al 36,4% si lo es.

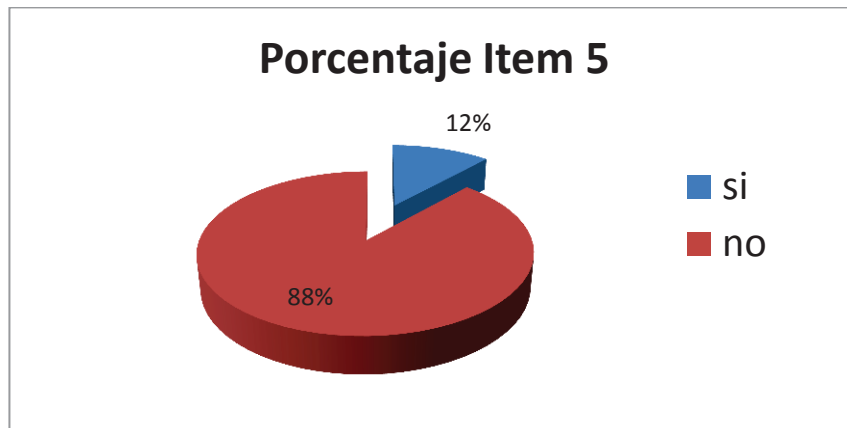
Pregunta N. 5 ¿Ha realizado alguna vez ensayos en la máquina de Péndulo Charpy?

TABLA 2. 6 ANÁLISIS DE LA QUINTA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Si	9	11,5	11,7
	No	68	87,2	88,3
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA QUINTA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.6.

En la Tabla 2.6. Se compila datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 68 de ellos que representan el 88,3% sostienen que nunca han realizado ensayos en la máquina de Péndulo Charpy y tan solo 9 personas que equivalen al 11,7% si han realizado alguna vez ensayos en la máquina de Péndulo Charpy.

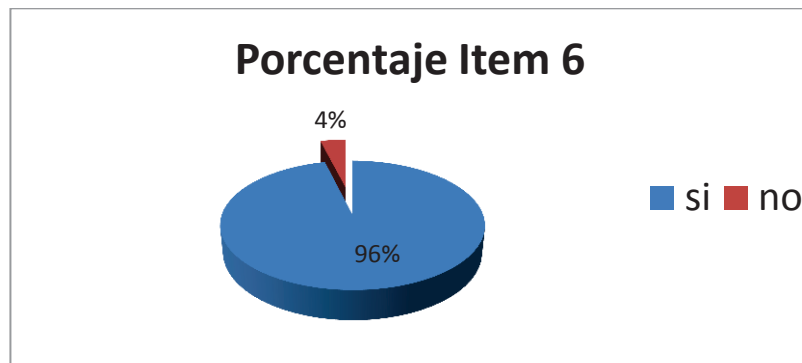
Pregunta N. 6 ¿Es favorable para la universidad contar con una máquina de ensayos de impacto en la que puedan visualizar digitalmente la magnitud del material a ensayar?

TABLA 2. 7 ANÁLISIS DE LA SEXTA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Si	74	94,9	96,1
	No	3	3,8	3,9
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEXTA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.7.

En la Tabla 2.7. se compila datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para 74 estudiantes que representan el 96,1% y el mayor porcentaje en el tema de estudio consideran que si es favorable para la universidad contar con una máquina de ensayos de impacto en la que puedan visualizar digitalmente la magnitud del material a ensayar, mientras que 3 personas que representan el 3,8% manifiestan que no es favorable.

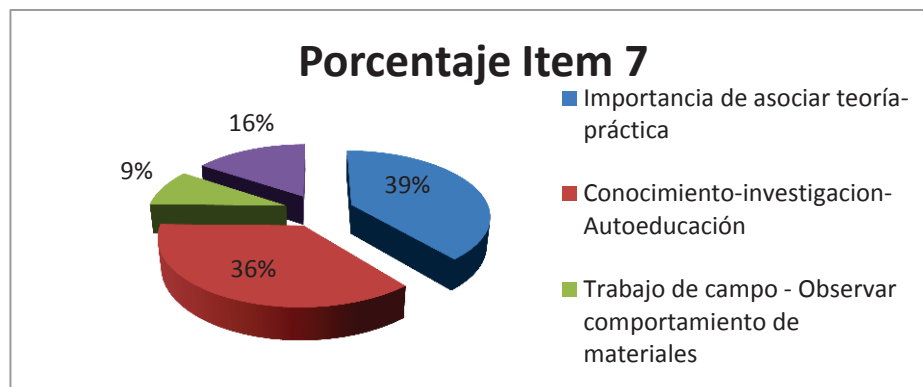
Pregunta N. 7 ¿Por qué considera que es favorable para la universidad contar con una máquina de ensayos de impacto?

TABLA 2. 8 ANÁLISIS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Importancia de asociar teoría-práctica	30	38,5	39,0
	Conocimiento-Investigación-Autoeducación	28	35,9	36,4
	Trabajo de campo-Observar comportamiento de materiales	7	9,0	9,1
	No sabe, no contesta	12	15,4	15,6
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 7 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SÉPTIMA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.8.

En la Tabla 2.8. Se compila datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el 39% que representa a la mayoría de la población considera que es favorable la relación teoría-práctica en la institución educativa.

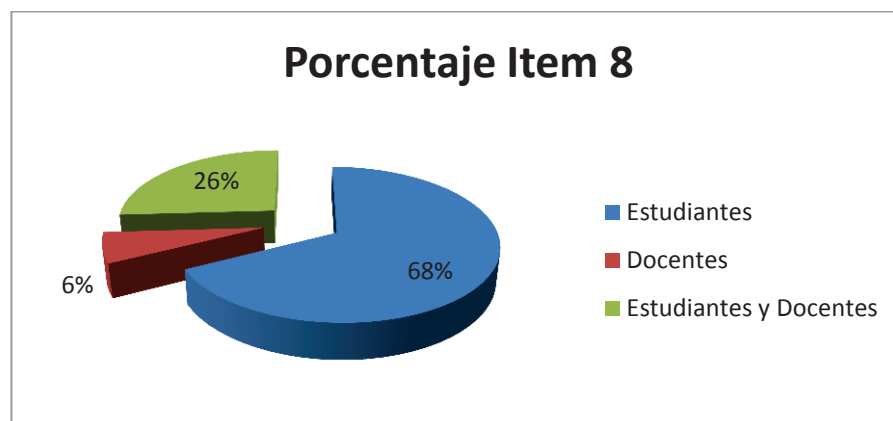
Pregunta N. 8 ¿Quiénes se beneficiarían con la implementación de la máquina?

TABLA 2. 9 ANÁLISIS DE LA OCTAVA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Estudiantes	52	66,7	67,5
	Docentes	5	6,4	6,5
	Estudiantes y docentes	20	25,6	26,0
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 8 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA OCTAVA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.9.

En la Tabla 2.9. Se muestra datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con respecto al segmento de personas que se beneficiarían con la implementación de la máquina, ante lo cual el 67,5% manifiesta que ésta beneficiaría a los estudiantes, el 26% considera que beneficiará a estudiantes y docentes y el 6,5% considera que la implementación de la maquina solo beneficiará a los docentes.

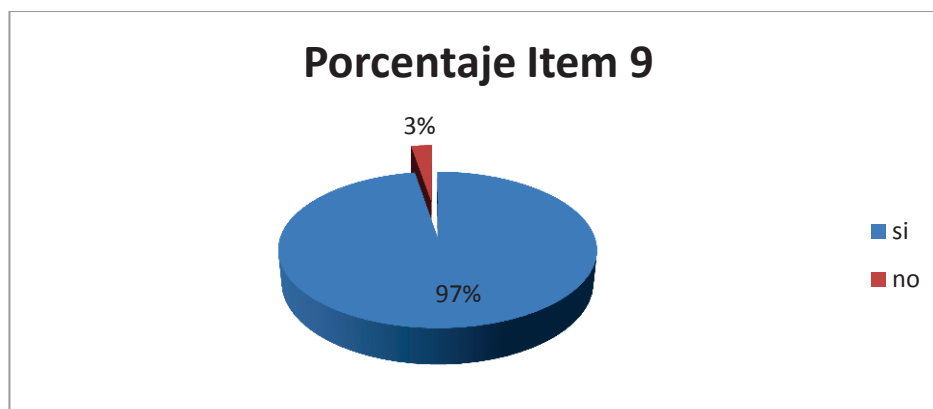
Pregunta N. 9 A su criterio, con la implementación de un sistema digital para la visualización de resultados de Péndulo Charpy ¿Mejorará la exactitud de la máquina permitiendo obtener diseños más confiables?

TABLA 2. 10 ANÁLISIS DE LA NOVENA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Si	75	96,2	97,4
	No	2	2,6	2,6
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 9 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA NOVENA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla 2.10.

En la Tabla 2.10. se compila datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para 75 estudiantes que representan el 97,4% y el mayor porcentaje en el tema de estudio consideran que con la implementación de un sistema digital para la visualización de resultados de Péndulo Charpy, si mejorará la exactitud de la máquina permitiendo obtener diseños más confiables, mientras que 2 personas que representan el 2,6% manifiestan que esta implementación no mejorara lo expuesto.

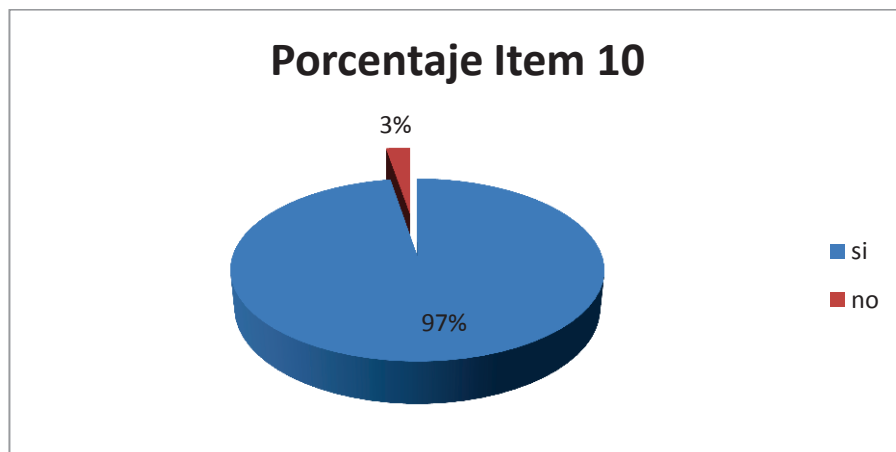
Pregunta N. 10 ¿Haría uso del equipo de ensayos de impacto Charpy implementado en la universidad?

TABLA 2. 11 ANÁLISIS DE LA DÉCIMA PREGUNTA

Alternativa		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido
Válidos	Si	75	96,2	97,4
	No	2	2,6	2,6
	Total	77	98,7	100,0
Perdidos	Sistema	1	1,3	
Total		78	100,0	

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

GRÁFICO 2. 10 . REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA DÉCIMA PREGUNTA



Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

Interpretación tabla N. 2.11

En la Tabla N. 2.11 se compila datos de la encuesta aplicada a 77 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para 75 estudiantes que representan el 97,4% y el mayor porcentaje en el tema de estudio consideran que si harían uso del equipo de ensayos de impacto Charpy implementado en la universidad, mientras que 2 personas que representan el 2,6% manifiestan que no harían uso del mismo.

CONCLUSIONES DE LAS ENCUESTAS

- Las personas encuestadas consideran que es importante el tema de estudio pero que carecen de los conocimientos específicos en torno a los ensayos mecánicos de materiales.
- Se puede determinar que la mayor parte de personas encuestadas no conocen sobre los ensayos de impacto Péndulo Charpy pero consideran que es favorable para la universidad contar con una máquina de ensayos que sobretodo envíe datos digitales.
- Según los resultados obtenidos, se concluye que es necesario implementar una máquina de Péndulo Charpy en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que favorece la metodología de educación, al fortalecer la enseñanza teórica-práctica y fortaleciendo el conocimiento, investigación y autoeducación.
- Los datos reflejan que al implementar una máquina de ensayos de impacto se beneficiarían estudiantes y docentes de la universidad, siendo el cuerpo colegiado quienes utilizarían en gran porcentaje el equipo.
- Este proyecto es necesario porque permitirá contar con la visualización digital de la magnitud deseada acorde al avance tecnológico, que permita generar valores reales de los distintos materiales metálicos a ensayar para ser utilizado en el laboratorio de la Carrera de Electromecánica.

2.3. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las hipótesis que se han planteado son las siguientes:

Hipótesis Alternativa H_a : La implementación de una máquina para ensayos de impacto Charpy en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, contribuirá al mejoramiento de visualización digital de la magnitud deseada.

Hipótesis nula H_0 : La implementación de una máquina para ensayos de impacto Charpy en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, no contribuirá al mejoramiento de visualización digital de la magnitud deseada.

TABLA 2. 12 RESUMEN DE ENCUESTAS

ITEM	ENCUESTADOS	# DE ENCUESTAS
1	Estudiantes de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial	77

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

En la tabla 2.13 se determinan las encuestas empleadas a los estudiantes de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Industrial para posteriormente elaborar la tabla de frecuencias observadas.

TABLA 2. 13 TABULACIÓN DE ENCUESTAS EMPLEADAS

ITEM	# DE PREGUNTA	SI	NO	TOTAL
1	Pregunta 1	61	16	77
2	Pregunta 2	34	43	77
3	Pregunta 4	28	49	77
4	Pregunta 5	9	68	77
5	Pregunta 6	74	3	77
6	Pregunta 9	75	2	77
7	Pregunta 10	75	2	77

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

TABLA 2. 14 RESUMEN DE FRECUENCIAS OBSERVADAS (FO)

ITEM	# DE PREGUNTA	SI	NO	TOTAL
1	Pregunta 1	61	16	77
2	Pregunta 2	34	43	77
3	Pregunta 4	28	49	77
4	Pregunta 5	9	68	77
5	Pregunta 6	74	3	77
6	Pregunta 9	75	2	77
7	Pregunta 10	75	2	77
TOTAL		356	183	539

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

2.3.1. Cálculo de las frecuencias esperadas (fe)

$$fe = \frac{tf * tc}{tg}$$

Donde:

fe = frecuencia esperada

tf = Valor de la fila

tc = valor de la columna

tg = Valor General

Entonces:

$$fe = \frac{77 * 356}{539}$$

fe = 50.86 en el SI

$$fe = \frac{77 * 183}{539}$$

fe = 26.14 en el NO

TABLA 2. 15 RESULTADO DE FRECUENCIAS ESPERADAS (FE)

ITEM	SI	NO
1	50,86	26,14
2	50,86	26,14
3	50,86	26,14
4	50,86	26,14
5	50,86	26,14
6	50,86	26,14
7	50,86	26,14

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial

Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracocha

2.3.2. *Cálculo del chi cuadrado*

Para el cálculo del chi cuadrado se utiliza la siguiente fórmula:

$$Xc^2 = \sum \frac{(fo - fe)^2}{fe}$$

Donde:

fe = frecuencia esperada

fo = frecuencia observada

Xc^2 = chi cuadrado

Entonces:

TABLA 2. 16 RESULTADO DE CHI CUADRADO

ITEM	fo	fe	fo-fe	(fo - fe) ²	Xc ² =(fo - fe) ² /fe
1	61,00	50,86	10,14	102,82	2,02
2	34,00	50,86	-16,86	284,26	5,59
3	28,00	50,86	-22,86	522,58	10,27
4	9,00	50,86	-41,86	1752,26	34,45
5	74,00	50,86	23,14	535,46	10,53
6	75,00	50,86	24,14	582,74	11,46
7	75,00	50,86	24,14	582,74	11,46
8	16,00	26,14	-10,14	102,82	3,93
9	43,00	26,14	16,86	284,26	10,87
10	49,00	26,14	22,86	522,58	19,99
11	68,00	26,14	41,86	1752,26	67,03
12	3,00	26,14	-23,14	535,46	20,48
13	2,00	26,14	-24,14	582,74	22,29
14	2,00	26,14	-24,14	582,74	22,29
TOTAL					252,69
xc2					252,69

Fuente: Alumnos Electromecánica e Industrial
Elaborado por: Edison Lasluisa y Cristina Viracochoa

2.3.3. Cálculo del grado de libertad (gl)

Para el cálculo de grado de libertad se utiliza la siguiente fórmula:

$$gl = (n_f - 1) * (n_c - 1)$$

Dónde:

gl = grado de libertad

n_f = número de filas

n_c = número de columnas

$$gl = (7-1)*(2-1)$$

$$gl = 6*1$$

$$gl = 6$$

Con $gl = 6$, y basados en la tabla de Percentiles de distribución *chi- cuadrado* con n grados de libertad (ANEXO 16), utilizando un percentil de 95%, se obtiene el siguiente resultado:

Dónde: $x_p^2 = 12,592$

Siendo:

x_p^2 = Valor percentil para la distribución chi cuadrado

Una vez determinado el x_p^2 y el Xc^2 , se establece que:

$$x_p^2 < Xc^2$$

$$12,592 < 252,69$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula h_0 y se acepta la hipótesis alternativa h_a que dice: La implementación de una máquina para ensayos de impacto Charpy en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, contribuirá al mejoramiento de visualización digital de la magnitud deseada.

CAPÍTULO III

3. PROPUESTA

3.1. TEMA

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DE ENSAYO DE IMPACTO CHARPY, PARA EL LABORATORIO DE ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2014.”

3.1. OBJETIVO GENERAL:

- Construir la máquina de acuerdo al diseño establecido para ensayos de impacto Charpy.

3.1.1. Objetivos específicos:

- Proyectar el circuito eléctrico de control, para la visualización de la magnitud obtenida.
- Evaluar los datos obtenidos mediante las pruebas de ensayo, para verificar el correcto funcionamiento de la máquina.

3.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Actualmente el acero es el material metálico más empleado en los distintos proyectos sean estos: diseños de estructuras, maquinas o herramientas, por lo tanto es importante conocer las diferentes propiedades que este manifiesta cuando sobre el actúan fuerzas externas; permitiendo de esta manera conocer las cargas máximas de trabajo para que no existan fallos de diseño.

3.3. IMPACTO

El presente proyecto aporta con la investigación del avance tecnológico, y con la construcción de un prototipo de máquina que tengan la garantía física y que aporte con información sobre el comportamiento de la fractura frágil – dúctil del material. El mismo que beneficiará a todas las personas que necesiten realizar investigación u optimizar sus diseños mecánicos.

3.4. FACTIBILIDAD

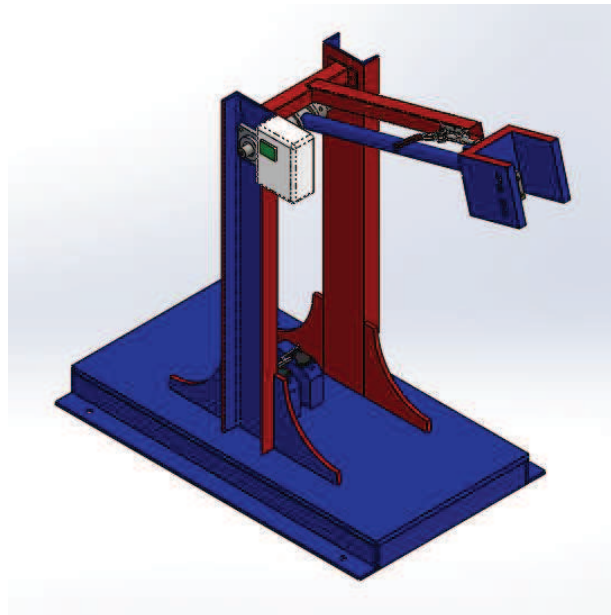
Este proyecto es factible, ya que para la elaboración del mismo, se seleccionaran materiales accesibles en el mercado, el diseño tendrá características similares a las maquinas originales, y los costos de construcción serán sustentado por los autores lo que permitirá construir esta máquina que aportará al campo investigativo de la institución y además podrá servir como fuente de autogestión al prestar servicios para ensayos de impacto a la comunidad.

3.5. ELEMENTOS DE LA MÁQUINA DE CHARPY

La máquina de péndulo Charpy está constituida por los elementos que se muestran en la Figura 3.1.

- 1.-Yunque
- 2.-Columna
- 3.-Eje
- 4.-Chumacera
- 5.-Pantalla digital
- 6.-Percutor
- 7.-Brazo del péndulo
- 8.-Martillo
- 9.-Soporte

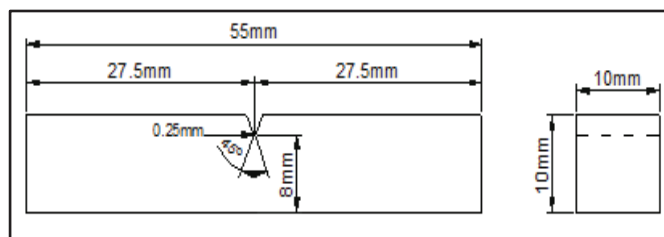
FIGURA 3. 1. MÁQUINA CHARPY



Fuente: Autores

El elemento que se someterá a ensayo se denomina probeta la cual se diseña bajo la Norma ASTM E-23 (2001) como lo indica la Figura 3.2.

FIGURA 3. 2. PROBETA TIPO “V” PARA ENSAYO DE ACEROS



Fuente: Norma ASTM E-23, (2001)

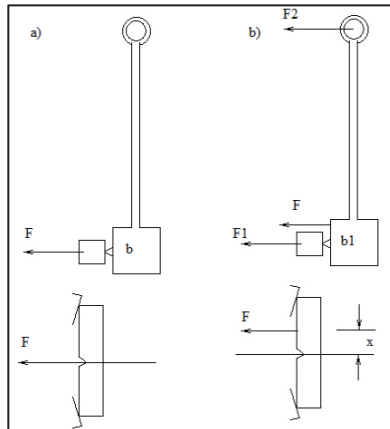
3.6. PARÁMETROS DE DISEÑO

- La máquina de ensayo deberá tener una construcción rígida y estable, de forma que las pérdidas de energía (debido a traslación, rotación o vibración) en el armazón de la máquina, durante el ensayo, sean despreciables.
- El plano de oscilación del martillo debe ser vertical.
- El centro de percusión debe ser en el centro de impacto del martillo.
- La máquina de ensayo deberá estar provista de un instrumento que permita lecturas con aproximación de $\pm 0,5\%$ de la capacidad máxima de impacto.
- La energía de la máquina utilizada para el ensayo en los casos de arbitraje, deberá ser $30 \pm 1\text{kgf.m}$ ($294 \pm 10\text{ J}$) norma NTE INEN 130
- Velocidad del martillo en el momento del ensayo 3 a 6 m/s, norma ASTM-E23
- Angulo de caída del péndulo

3.6.1. Condición de impacto

Una condición importante es que la probeta esté colocada en forma simétrica con los apoyos de la misma, debe estar sometida únicamente a esfuerzos de flexión, el plano de oscilación del péndulo debe ser perpendicular al eje de la probeta, de manera que el martillo golpee la probeta en el plano de simetría del entalle y sobre la cara opuesta a la que la contiene, como lo indica la Figura 3.3.

FIGURA 3. 3. CONDICIONES DE IMPACTO DEL MARTILLO CON LA PROBETA



Fuente: Autores

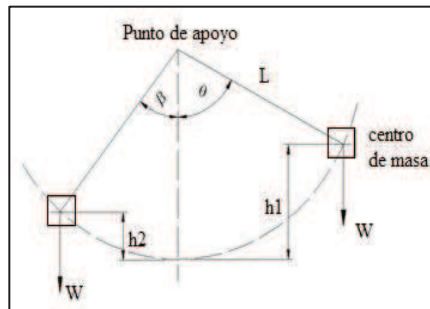
En la condición (a) se puede ver que el baricentro del mazo coincide con el centro de impacto tanto de la probeta como del plano de simetría de la entalla, por lo que no se genera esfuerzo en la articulación del brazo.

En la condición (b) se puede ver que el baricentro del mazo no coincide con el centro de impacto de la probeta, ni del plano de simetría de la entalla sino a una distancia x de la misma, lo que produce una fuerza de impacto menor y se genera una fuerza F_2 en la articulación del brazo, condición que no es aconsejable para la máquina a diseñar.

3.6.2. Relaciones energéticas

Este cálculo se lo realiza con la conservación de la energía, ya que se medirá la energía absorbida por el choque o impacto, y se lo puede hacer restando la energía del péndulo antes y después del choque, sabiendo la altura final que alcanza el péndulo después de romper la probeta (h_2), sabiendo que parte desde una altura inicial (h_1) con un peso (W), conocido el ángulo inicial del péndulo (θ) y la máquina registra el ángulo final (β), mediante relaciones trigonométricas se llega a relacionar la energía absorbida en función de los ángulos y el largo del brazo. Como se muestra en la Figura 3.4.

FIGURA 3. 4. RELACIONES TRIGONOMÉTRICAS PARA UNA MÁQUINA CHARPY



Fuente: Autores

Donde:

W =Peso del péndulo

L =Distancia del centro de gravedad del péndulo respecto al eje de rotación

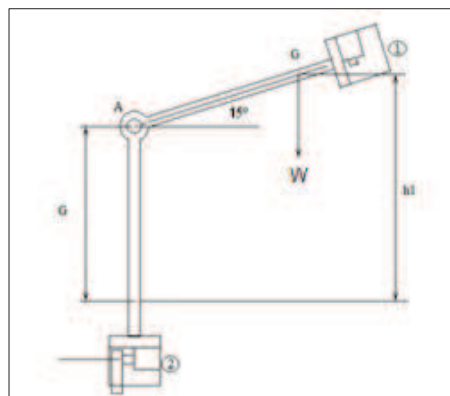
θ =Angulo de caída del péndulo

β =Angulo de elevación del péndulo

3.6.2.1. *Energía del péndulo*

Se realiza un análisis para cumplir con los parámetros de la norma ASTM E23, para esto se pone a priori los siguientes datos; distancia del centro de gravedad del péndulo en 0,69 m, el peso del péndulo será de 35.5 kg para obtenerla energía, el ángulo θ será de 15° , posteriormente se comprobarán estos valores. Como se muestra en la figura 3.5.

FIGURA 3. 5. PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA MÁQUINA. (1) POSICIÓN ESTÁTICA, (2) POSICIÓN DE CHOQUE.



Fuente: Autores

Donde:

W =Peso del péndulo 35.5 kg = 347.9 N

L =Distancia del centro de gravedad del péndulo respecto al eje de rotación, 0.69 m

θ =Angulo de caída del péndulo, 15°

La energía disponible de la máquina, para ensayos de impacto es:

Reemplazando las magnitudes en la ecuación [Ec. 1.6], la altura de caída es:

$$h_1 = 0.69(1 - \cos 15^\circ)$$

$$h_1 = 0.87\text{m}$$

Resp. 3.1

Reemplazando en la ecuación [Ec. 1.2] se tiene la energía inicial disponible en la máquina en el punto uno (1) de la figura 3.5:

$$E_o = (347.9 \text{ N})(0.87\text{m})$$

$$E_o = 302.18 \text{ J}$$

$$E_o = 30.83 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Resp. 3.2

Al reemplazar la ecuación [Ec. 1.5], la velocidad del martillo en el momento del ensayo se tiene:

$$V_2 = \sqrt{2 * 9.8 * 0.87}$$

$$V_2 = 4.13 \text{ m/s}^2$$

Resp. 3.3

Esta velocidad representa, la velocidad tangencial medida hacia el centro de gravedad, cuando el péndulo impacta la probeta. Por lo tanto para este caso, la velocidad tangencial del martillo está comprendida en el rango establecido por la norma ASTM E-23.

3.7. DISEÑO MECÁNICO Y CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS

3.7.1. Diseño del péndulo

Como se indicó anteriormente, la máquina debe estar sometida únicamente a esfuerzos de flexión, el plano de oscilación del péndulo debe ser perpendicular al eje de la probeta, de manera que el martillo golpee la probeta en el plano de simetría del entalle.

3.7.1.1. Cálculo de fuerzas y reacciones en el péndulo

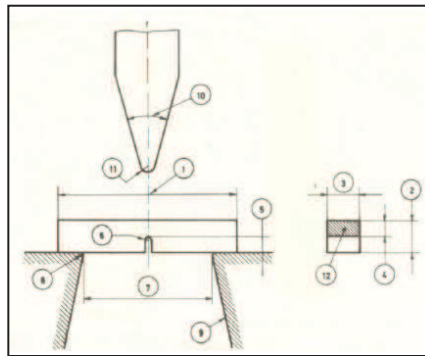
Para obtener las fuerzas que actúan en el péndulo tenemos el coeficiente dinámico y que la altura de caída antes del impacto es considerablemente mayor que la deformación estática

Remplazando la ecuación [Ec. 1. 13] el momento de inercia de la sección rectangular es:

$$I = \frac{0,01 \times (0,005)^3}{12} = 1,041 \times 10^{-10} \text{m}^4 \quad \text{Resp. 3.4}$$

De acuerdo con la norma INEN 130, la probeta se colocara para el ensayo como se muestra en la Figura 3.6.

FIGURA 3. 6. POSICIÓN DE LA PROBETA PARA EL ENSAYO DE IMPACTO



Fuente: Norma INEN 130

Con los datos conocidos reemplazamos en la ecuación [Ec. 1. 12] se tiene:

L = Longitud de luz de la probeta, 0,04 m

E = Coeficiente de elasticidad del material (Acero) = 207 GPa

$$Y_s = \frac{313,6 \times (0,04)^3}{48(207 \times 10^9)(1,041 \times 10^{-10})}$$

$$Y_s = 1,94 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Resp. 3.5

Aplicando la ecuación [Ec. 1. 11] se tiene:

$$K_d = \sqrt{\frac{2 \times 0,87}{1,94 \times 10^{-5}}}$$

$$K_d = 299,48$$

Resp. 3.6

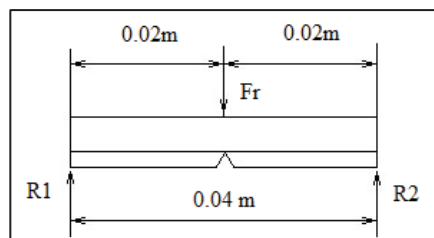
El peso del péndulo cuando cae es 299.48 veces mayor que cuando está estático, ahora se aplica la ecuación [Ec. 1. 10] para hallar la fuerza dinámica considerando que el Factor dinámico es 299.48 y el peso del péndulo es 347.9 N, se tiene

$$F_d = 104189,1 \text{ N}$$

Resp. 3.7

Para encontrar la fuerza crítica que soporta la probeta antes de la fractura, se debe tener en cuenta algunos parámetros como son, la resistencia del material, la forma geométrica de la probeta y donde se colocara esta carga en la probeta. Por esto se ha seleccionado un acero al carbono 1050 estirado en frío de mayor resistencia al impacto, cuyo límite de fluencia es $S_y = 580 \times 10^6 \text{MPa}$. (ANEXO A-2)

FIGURA 3. 7. FUERZAS Y REACCIONES AL MOMENTO DEL IMPACTO EN LA PROBETA



Fuente: Autores

La fuerza resistente que puede soportar la probeta antes de la fractura es el doble de las reacciones, y el momento máximo se produce en la sección en donde se encuentra la entalla, es decir en la mitad de la probeta, por simple inspección de la figura 3.7 se aplica la ecuación [Ec. 1. 15]:

$$R_1 = R_2 = \frac{F_r}{2}$$

Remplazando en la ecuación [Ec. 1. 16] para el cálculo del momento flector máximo se tiene:

$$M_{\max} = F_r * \frac{0.04m}{4}$$

$$M_{\max} = 0,01 F_r [m] \quad \text{Resp. 3.8}$$

Se determinará de la ecuación [Ec. 1. 18] los siguientes valores $b= 0.01 \text{ m}$ y $h= 0.005 \text{ m}$, despejando M_{\max} de la ecuación [Ec. 1. 17] da como resultado la ecuación [Ec. 1. 19] considerando un $S_y= 580 \text{MPa}$ y $n=2$.

Igualando las ecuaciones [Ec. 1. 16] y [Ec. 1. 19], se tiene:

$$0,01Fr = Z * \frac{S_y}{2}$$

$$0,01Fr = \frac{bh^2}{6} * \frac{S_y}{2}$$

$$Fr = \frac{0,01(0,005^2)}{6} * \frac{580 \times 10^6}{2(0,01)}$$

$$Fr = 1208,33 \text{ N}$$

Resp. 3.9

3.7.2. Diseño del martillo del péndulo

Debido a que el martillo constituye una parte importante de la máquina y que están dimensionado bajo norma, éste elemento debe estar diseñado en función de las siguientes propiedades mecánicas:

- Resistencia a la fractura por impacto.
- Resistencia a la tensión debido a la fuerza centrífuga.

El modelo adecuado para nuestro tipo es de forma rectangular, ya que así evitamos sollicitaciones anormales sobre la articulación del brazo con las consiguientes vibraciones del conjunto que absorbe trabajo, como se muestra en la figura 3.8.

Para generar esas cantidades elevadas de energía decimos que el peso del martillo constituye el 78% del peso del péndulo, ya que se han realizado simulaciones del conjunto armado en un software CAD (solidworks), posteriormente se comprobará si este peso es el adecuado, por lo tanto:

$$W_m = 0,78 * W_T$$

Dónde:

W_m =Peso del martillo

W_T =Peso total del péndulo, 35.5 kg

$$W_m = 27.69 \text{ kg}$$

Resp. 3.10

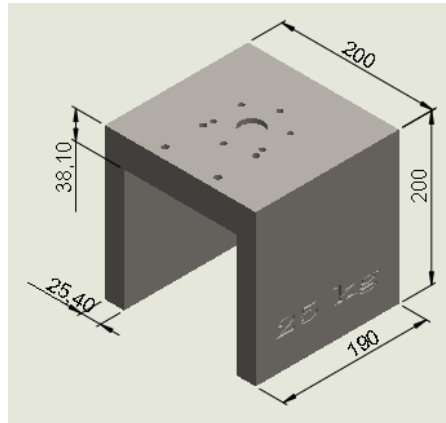
Se seleccionó el acero estructural A36 con $\rho_{\text{acero}} = 7850 \text{ kg/m}^3$ como material la fórmula de la densidad (ANEXO A-17) se tiene:

$$V_m = 3,18 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Resp. 3.11

Para el cálculo del volumen del martillo la Figura 3.8 indica las diferentes figuras geométricas conocidas para el cálculo del volumen ver (ANEXO A-17) entonces se tiene:

FIGURA 3. 8. DIMENSIONES DEL MARTILLO DE 25 KG



Fuente: Autores

$$V_1 = 0,20 \times 0,19 \times 0,0254 = 9,652 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,1492 \times 0,19 \times 0,0381 = 1,08 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_1 = V_3 = 9,652 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_4 = \frac{\pi(0,030)^2}{4} * 0,01 = 7,068 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 - V_4$$

$$V_T = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{Resp. 3.12}$$

Con el volumen real del martillo se calcula el peso del mismo despejando la variable de la masa (ANEXO A-17) se tiene:

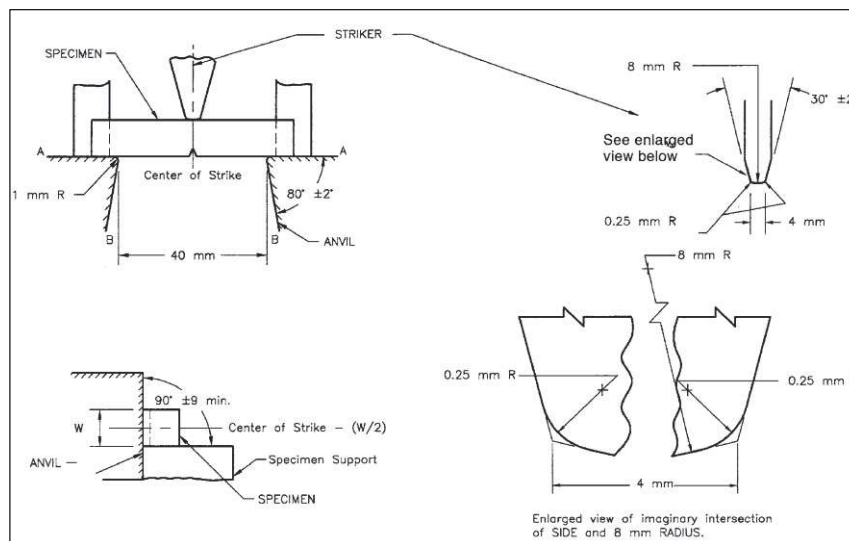
$$W_m = 3 \times 10^{-3} * 7850$$

$$W_m = 23,57 \text{ kg} \quad \text{Resp. 3.13}$$

3.7.3. Diseño del percutor

El elemento percutor será el encargado de recibir el impacto directo con la muestra de ensayo, éste constituye una parte importante de la máquina y está dimensionado bajo norma, como se muestra en la figura 3.9, éste elemento estará diseñado para resistir a la fractura por impacto, además al desgaste por rozamiento entre el percutor y la probeta, se diseñará la parte más sensible es decir la que entra en contacto directo con la probeta por tener una sección menor, es decir la punta específicamente, por ende quedará diseñada la parte rectangular, que es donde se sujeta al martillo.

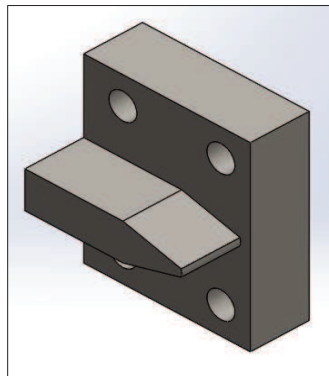
FIGURA 3. 9. DIMENSIONES DE LA PUNTA DEL PERCUTOR



Fuente: Norma ASTM E-23, (2001)

Las dimensiones del percutor en sí, se presentan en el (ANEXO A-3). Para este elemento se seleccionó un acero K100 que ha sido fabricado para soportar elevadas cargas de impacto, tiene una densidad de 7700 kg/m^3 . El percutor, en su forma rectangular tiene unas dimensiones de $20 \times 50 \text{ mm}$, tendrá una base con medidas de $100 \times 85 \times 18 \text{ mm}$, que estará sujeta en la base del martillo, mediante el anclaje de 4 pernos de diámetro igual a $9,5 \text{ mm}$, como se muestra en la figura 3.10.

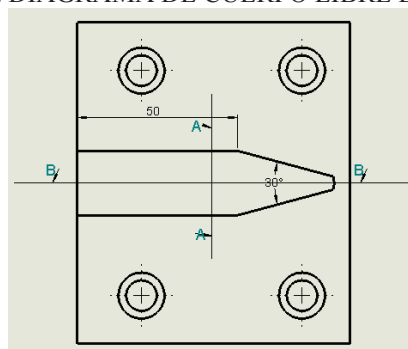
FIGURA 3. 10. PERCUTOR DEL MARTILLO



Fuente: Autores

Realizando el diagrama de cuerpo libre, se aprecia dónde y que cargas actuaran en el percutor del péndulo, como se muestra en la figura 3.11.

FIGURA 3. 11. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL PERCUTOR



Fuente: Autores

El esfuerzo cortante máximo puede presentarse en los puntos a lo largo de A-A, debido al momento de flexión, o puede presentarse en los puntos a lo largo de B-B, debido a la fuerza cortante transversal, se analizarán estas dos posibilidades, para un espesor de placa de 2 cm .

3.7.3.1. *Análisis a lo largo de los puntos A-A*

Aplicando la ecuación Ec. [1. 40] para determinar el esfuerzo cortante máximo se tiene, tomando en cuenta que la distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo es 0,03 m y utilizando la ecuación [Ec. 1. 13], para encontrar el momento de inercia de una sección rectangular se tiene:

$$I = \frac{0,02(0,06)^3}{12} = 3,6 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\tau_{\max} = \frac{(1208,33 \times 0,015) \times 0,03}{2 \times 3,6 \times 10^{-7}}$$

$$\tau_{\max} = 0,755 \text{ MPa}$$

Resp. 3.14

3.7.3.2. *Análisis a lo largo de los puntos B-B*

Remplazando la ecuación [Ec. 1. 40] para la sección B-B se tiene:

$$\tau_{\max} = \frac{3 \times 1208,33}{2 \times (0,02 \times 0,06)}$$

$$\tau_{\max} = 1,51 \text{ MPa}$$

Resp. 3.15

La teoría del impacto indica, que cuando el impacto se produce súbitamente, se debe considerar el factor dinámico igual a 2, es decir los esfuerzos y deformaciones en el instante serán dos veces mayores que en la acción estática considerando que el esfuerzo cortante estático máximo es 1,51 MPa como lo indica la ecuación [Ec. 1. 41], y bajo la condición de falla que expresa la ecuación [Ec. 1. 42], donde el límite de fluencia del material es $450 \times 10^6 \text{ MPa}$ y $n=2$. Aplicando la ecuación [Ec. 1. 40], e igualando las ecuaciones [Ec. 1. 41] y [Ec. 1. 42] se tiene:

$$\tau_{\max d} = \frac{2 * 12 * MC}{2b * h^3} = 0,557 \frac{S_y}{n}$$

$$b = \frac{2,6 * 2 * 12 * 1208,33 * 0,015}{0,577 * 450 * 10^6 * (0,06)^3}$$

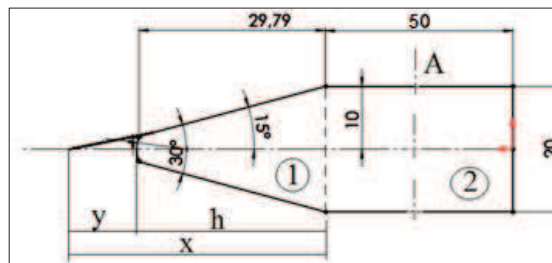
$$b = 0,020 \text{ m}$$

Resp. 3.16

Con un factor de seguridad de 2.6, el espesor de la placa resulta igual a 0,02 m.

Para el cálculo del volumen del percutor tenemos figuras geométricas conocidas como se muestra en la Figura 3.12.

FIGURA 3. 12. DIMENSIONES DEL PERCUTOR



Fuente: Autores

Cálculo del área (1):

Por facilidad de cálculo se considera el área geométrica de un trapecio (ANEXO A-18) entonces se tiene:

$$\tan 15^\circ = \frac{10}{x} \rightarrow x = 37,32 \text{ mm}$$

$$\tan 15^\circ = \frac{2}{y} \rightarrow y = 7,464 \text{ mm}$$

$$h = x - y = 29,855 \text{ mm}$$

$$A_1 = \frac{(B * b)h}{2}$$

$$A_1 = 358,27 \text{ mm}^2$$

Resp. 3.17

Cálculo del área (2):

$$A_2 = 20 \times 50$$

$$A_2 = 1000 \text{ mm}^2 \quad \text{Resp. 3.18}$$

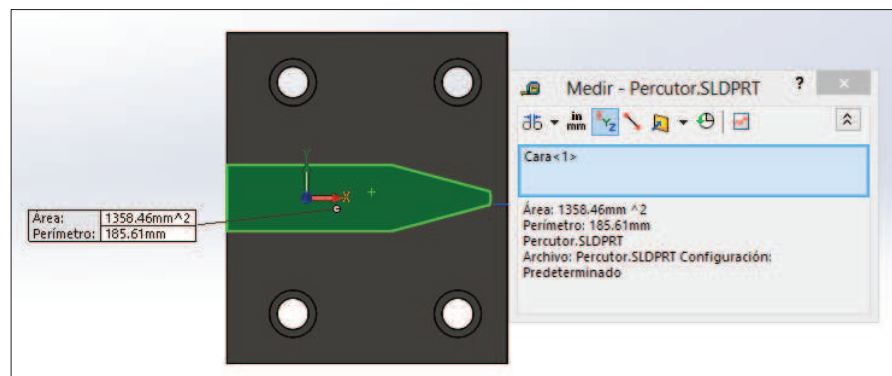
Cálculo del área total:

$$A_t = A_1 + A_2$$

$$A_t = 1358,27 \text{ mm}^2 \quad \text{Resp. 3.19}$$

Comprobación del área geométrica (A) del percutor en el programa Solid Works, como se muestra en la figura 3.13.

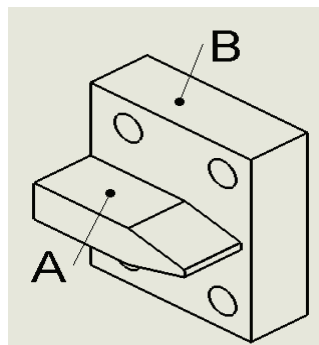
FIGURA 3. 13. PROPIEDADES FÍSICAS DE UNA SECCIÓN DEL PERCUTOR EN SOFTWARE CAD



Fuente: Autores

Conocida el área, se procede a calcular el volumen A y B del percutor como se muestra en la figura 3.14.

FIGURA 3. 14. SECCIONES GEOMÉTRICAS DEL PERCUTOR



Fuente: Autores

$$V_A = A_t * l_1 = 1358,46 \times 30$$

$$V_A = 40753,8 \text{ mm}^3 \quad \text{Resp. 3.20}$$

Para el cálculo del volumen para la sección B, se debe tener en cuenta las perforaciones para los pernos de anclaje (ANEXO A-17), así:

$$V_{\text{agujeros}} = \pi \frac{\phi_1^2}{4} * L_1 + \pi \frac{\phi_2^2}{4} * L_2$$

$$V_{\text{agujeros}} = \pi \frac{0,0095^2}{4} * 0,01 + \pi \frac{0,0143^2}{4} * 0,008 = 1,993 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$V_B = l_2 * l_3 * l_4 - 4V_{\text{agujeros}} = (85 \times 100 \times 30) - 4(1993,67)$$

$$V_B = 247025,32 \text{ mm}^3$$

$$V_t = V_A + V_B$$

$$V_t = 287779,12 \text{ mm}^3$$

$$V_t = 2,87 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \quad \text{Resp. 3.21}$$

Una vez conocido el valor del volumen del percutor, se prosigue a calcular su peso, para esto se utiliza la formula especificada en el (ANEXO A-17) entonces se tiene:

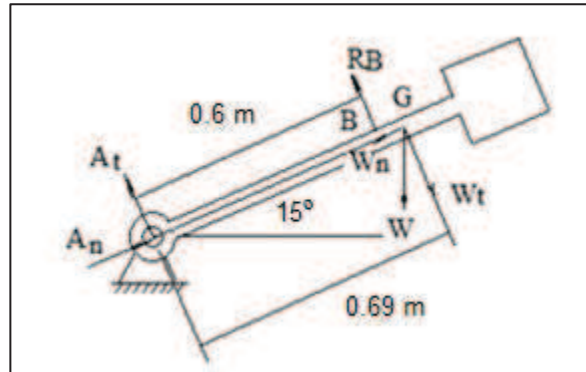
$$W_p = 7700 \times 2,87 \times 10^{-4}$$

$$W_p = 2,21 \text{ kg} \quad \text{Resp. 3.22}$$

3.7.4. Diseño del brazo del péndulo

Se ha establecido que la posición inicial del péndulo cuando está en reposo, forma un ángulo de 15° con la horizontal, en la figura 3.15, se establecen todas las fuerzas que actúan en este estado.

FIGURA 3. 15. DIMENSIONES DEL BRAZO

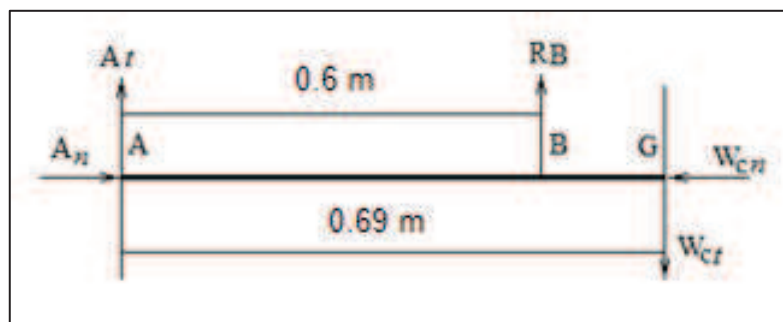


Fuente: Autores

3.7.4.1. Cálculo de las reacciones en el brazo del péndulo

La carga del peso del martillo, la sujeción en el punto B, y el giro del brazo representado en el origen o punto A, como se muestra en la figura 3.16.

FIGURA 3. 16. DIAGRAMA DE FUERZAS DEL PÉNDULO ANTES DE SU CAÍDA



Fuente: Autores

Según el sistema de fuerzas se tiene:

$$W_c = W_m + W_p$$

Donde:

W_c =Peso del conjunto

W_m =Peso del martillo, 23.57 kg

W_p =Peso del percutor, 2.21 kg

$$W_c = 25.78 \text{ kg}$$

Resp. 3.23

Aplicando la segunda ley de Newton

Sumatoria en x:

$$\sum F_x = 0$$

$$A_n = W_{cn} = W_c \text{sen}(15^\circ)$$

$$A_n = W_{cn} = 6.67 \text{ kgf}$$

Resp. 3.24

Sumatoria en y:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_B - A_t - W_{ct} = 0$$

$$R_B - A_t - W_c \cos(15^\circ) = 0$$

$$-A_t = W_c \cos(15^\circ) - R_B$$

Sumatoria de momentos:

$$+ \sum MA = 0$$

$$R_B(0,6) - W_c \cos(15^\circ)(0,69) = 0$$

$$R_B = 28.63 \text{ kgf} = 280.5 \text{ N}$$

$$A_t = 3.73 \text{ kgf} = 36.85 \text{ N}$$

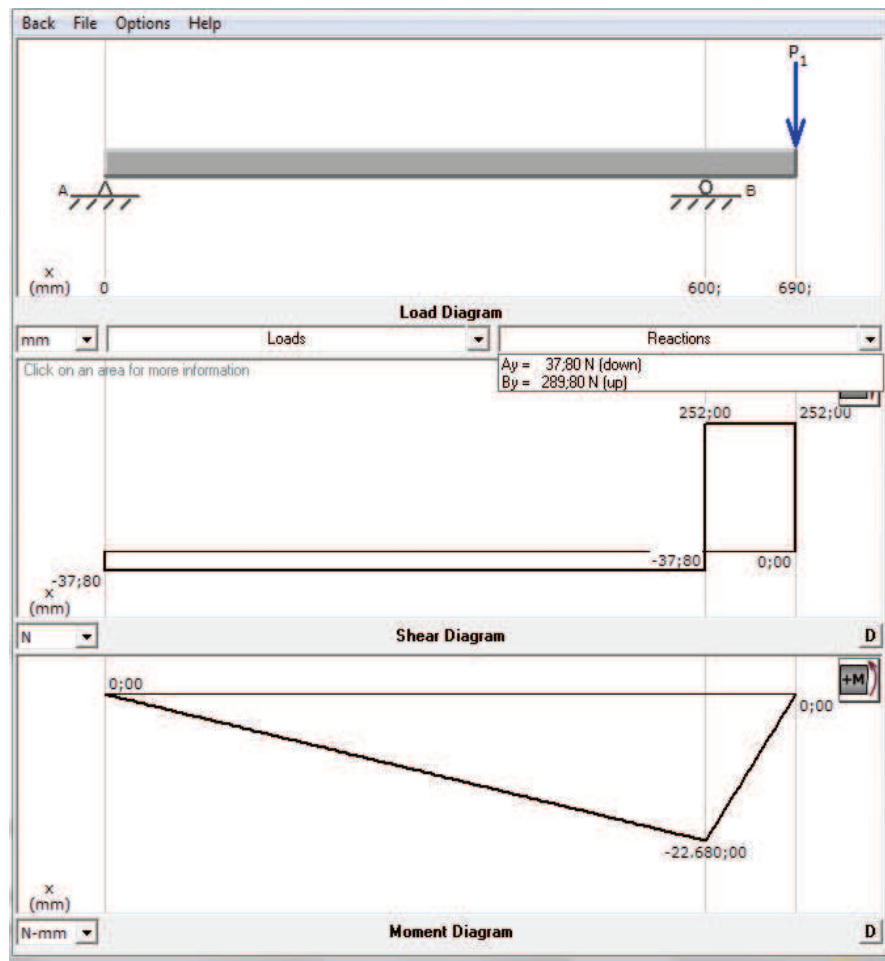
$$A_n = 6.67 \text{ kgf} = 65.36 \text{ N}$$

Resp. 3.25

3.7.4.2. Diagrama de cortante y momento flector.

Conocidas todas las cargas que actúan sobre el eje se determina el diagrama de fuerza cortante y momento flector determinado por el programa MDSOLID como se muestra en la Figura 3.17.

FIGURA 3. 17. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR (PROGRAMA MDSOLID)



Fuente: Autores

El momento flector máximo es de 22.68 N-m

Se ha hecho un análisis inicial para el diseño del brazo del péndulo Charpy, se deberá estudiar los esfuerzos causados por estas fuerzas en donde se ha determinado que fallará estáticamente, para encontrar el diámetro del eje.

3.7.4.3. *Esfuerzos en el brazo del péndulo*

Para realizar el análisis de esfuerzos se ha escogido una sección transversal circular, es decir que los esfuerzos estarán en función del diámetro del eje.

- **Esfuerzo Axial.** La fuerza causal de la compresión del eje es la fuerza axial provocada por el peso del conjunto martillo percutor en Newton en este caso 65.37 N reemplazando en la ecuación [Ec. 1. 21] se tiene:

$$\sigma_c = -\frac{83.23}{D^2} \quad \text{Resp. 3.26}$$

- **Esfuerzo debido a flexión.** Con el momento flector máximo se analizará el esfuerzo a flexión, considerando que el valor de éste es 22.68 N-m y el segundo momento de área se define por la ecuación [Ec. 1. 23], entonces al reemplazar los valores en la ecuación [Ec. 1. 22] se tiene:

$$\sigma_f = \frac{22.68 * \frac{D}{2} * 64}{\pi * D^4}$$

$$\sigma_f = \frac{231.02}{D^3} \quad \text{Resp. 3.27}$$

3.7.4.4. *Diseño estático del eje*

Cuando se conocen los esfuerzos a los que estará sujeto el brazo del péndulo se realiza un diseño estático del eje, para obtener el diámetro adecuado del eje. Seleccionando un acero AISI SAE 1040 estirado en frío (ANEXO A-1) que presenta las siguientes propiedades mecánicas:

- ✓ Resistencia a la fluencia: $S_y = 490\text{MPa}$
- ✓ Resistencia última a la tensión: $S_{ut} = 590\text{MPa}$

Con los datos de los esfuerzos calculados anteriormente, aplicando la condición de diseño estático que se manifiesta en la ecuación [Ec. 1. 26], para una sección circular, el esfuerzo normal máximo se define por la ecuación [Ec. 1. 27] en la cual se despeja el diámetro que soporte el diseño estático considerando que $n=2$ y $S_y= 490$ MPa entonces se tiene:

$$\sigma_{\max} = \sigma_f \pm \sigma_c$$

Donde:

σ_{\max} = Esfuerzo normal máximo

$\sigma_{f\max}$ = Esfuerzo de flexión máximo, $\frac{231.02}{D^3}$ MPa

$\sigma_{c\max}$ = Esfuerzo axial (compresión) máximo, $-\frac{83.23}{D^2}$ MPa

Aplicando el teorema de la energía de distorsión o el teorema de Von Mises que muestra la ecuación [Ec. 1. 28] en el que la Torsión pura es 0 MPa.

Reemplazando todos los valores conocidos en la ecuación [Ec. 1. 28] aplicando la condición de diseño estático [Ec. 1. 27] con un factor de seguridad de 2, se tiene:

$$\frac{490 * 10^6}{2} = \sqrt{\left(\frac{231.02}{D^3} - \frac{83.23}{D^2}\right)^2 + 0}$$

$$D = 0,011 \text{ m}$$

Resp. 3.28

El valor del diámetro calculado a diseño estático es de 11 mm, se escogerá un eje con diámetro exterior comercial de 1/2", para obtener un coeficiente de seguridad de 2, lo que hace que el diseño sea seguro a cargas estáticas. Este valor del diámetro servirá para hacer la verificación a cargas dinámicas del eje.

3.7.4.5. *Diseño del brazo del péndulo en el momento del choque*

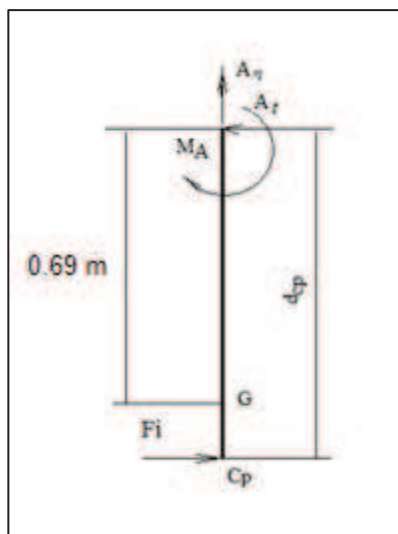
Para el diseño del brazo al momento del choque con la probeta, se deben analizar todas las fuerzas que actúan en el instante, para ello se detalla: el peso del martillo (W_m), la fuerza normal de tracción (F_n) provocada por la rotación del brazo, la fuerza dinámica con la cual se golpea la probeta (F_d) o fuerza de impacto y finalmente la fuerza que impide la rotura de la probeta (F_r).

Considerando la teoría del impacto, cuando la carga se realiza súbitamente nos dice que el coeficiente dinámico es igual a 2, todas las deformaciones y tensiones son dos veces mayores que las que actúan cuando está dispuesto estáticamente el brazo del péndulo ver figura 3.18. Considerando que la fuerza de impacto es 1208,33 N y la distancia al centro de percusión es 0,8557 m, aplicando la ecuación [Ec. 1. 14] se tiene:

$$M_{\max} = 1208,33 \times 0,8557 \times 2$$

$$M_{\max} = 2067,94 \text{ Nm} \qquad \text{Resp. 3.29}$$

FIGURA 3. 18. FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTÚAN EN EL BRAZO DEL PÉNDULO EN EL IMPACTO



Fuente: Autores

Para el esfuerzo axial utilizamos la ecuación [Ec. 1. 21] con el peso total del martillo de $25.78 \text{ kg} = 252.64 \text{ N}$,

$$\sigma_c = -\frac{4 * 252.64}{\pi * D^2}$$

$$\sigma_c = \frac{321.67}{D^2} \quad \text{Resp. 3.30}$$

Para el esfuerzo de flexión utilizamos la ecuación [Ec. 1. 22] con el nuevo momento máximo para el choque:

$$\sigma_f = \frac{2067,94 * \frac{D}{2} * 64}{\pi * D^4}$$

$$\sigma_f = \frac{21063,86}{D^3} \quad \text{Resp. 3.31}$$

Para el diseño del eje al momento del choque se utiliza las ecuaciones [Ec. 1. 28] y [Ec. 1. 27] aplicando la condición de diseño que establece la ecuación [Ec. 1. 26], se tiene:

$$\frac{490 * 10^6}{2} = \sqrt{\left(\frac{21063,86}{D^3} + \frac{321.67}{D^2}\right)^2 + 0}$$

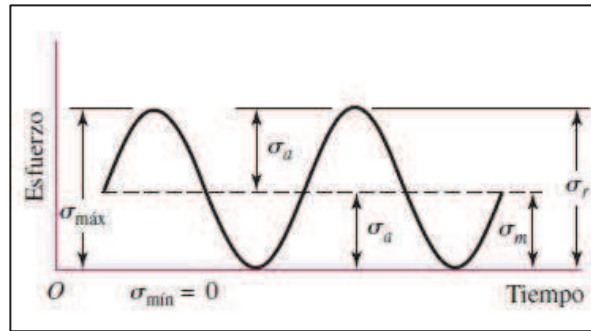
$$D = 0,0441 \text{ m} \quad \text{Resp. 3.32}$$

3.7.4.6. *Diseño del eje a fatiga*

a) *Esfuerzos fluctuantes*

Se considerará un caso especial de carga fluctuante, el cual es la fluctuación del esfuerzo repetido en una dirección, es decir cuando la carga se aplica y se remueve varias veces. El esfuerzo fluctúa desde un máximo hasta un mínimo en cada ciclo. Entonces se tiene, ver figura 3.19.

FIGURA 3. 19. REPRESENTACIÓN DE FLUCTUACIÓN DE CARGAS



Fuente: autores

Conocidos los diámetros del eje se puede calcular el esfuerzo máximo de flexión en la ecuación [Ec. 1. 22] y el esfuerzo axial máximo en la ecuación [Ec. 1. 21] se tiene:

$$\sigma_f = \frac{21063,86}{D^3}$$

$$\sigma_f = 245,6 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.33}$$

$$\sigma_{c\max} = \frac{321.67}{D^2}$$

$$\sigma_{c\max} = 160,4 \text{ kPa} \quad \text{Resp. 3.34}$$

Con los valores de esfuerzos calculados anteriormente y reemplazando en la ecuación [Ec. 1. 27], considerando que la tracción tiene signo positivo se calcula el esfuerzo normal máximo:

$$\sigma_{\max} = 245,6 \times 10^6 + 160,4 \times 10^3$$

$$\sigma_{\max} = 245,76 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.35}$$

b) Resistencia a la fatiga

De acuerdo a la ecuación de Marín [Ec. 1. 29]; especificada en el capítulo I, se tiene:

Para el cálculo del (S_e) se debe considerar el comportamiento de los esfuerzos, se estima el límite de resistencia a la fatiga aplicado la ecuación [Ec. 1. 30] se tiene:

$$S_e = 0,5 S_{ut} \rightarrow S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0,5 * 590 \times 10^6$$

$$S_e = 295 \text{ Mpa}$$

Resp. 3.36

Se calcularan los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga:

- ✓ K_a : Acabado superficial: Con un valor de resistencia última de 590MPa y una superficie maquinada aplicando la ecuación [Ec. 1. 31] se tiene: (ANEXO A-2)

$$k_a = 4,51(590)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,832$$

Resp. 3.37

- ✓ K_b : Factor de tamaño: Como el diámetro estimativo en el análisis estático es de 44,45 mm (aproximadamente $1 \frac{3}{4}$ pulgada), se realizará el análisis para verificar este diámetro aplicando la ecuación [Ec. 1. 32], se tiene:

$$k_b \begin{cases} 0,879 d^{-0,107} & 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0,91 d^{-0,157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \end{cases}$$

$$k_b = 0,879(1,75)^{-0,107}$$

$$k_b = 0,827$$

Resp. 3.38

- ✓ Kc: Factor de carga: Se considera una carga de flexión.

$$k_c = 1$$

- ✓ Kd: Factor de temperatura: Como la máquina va a trabajar en factores ambientales normales aplicando la ecuación [Ec. 1. 33] se tiene:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} = 1$$

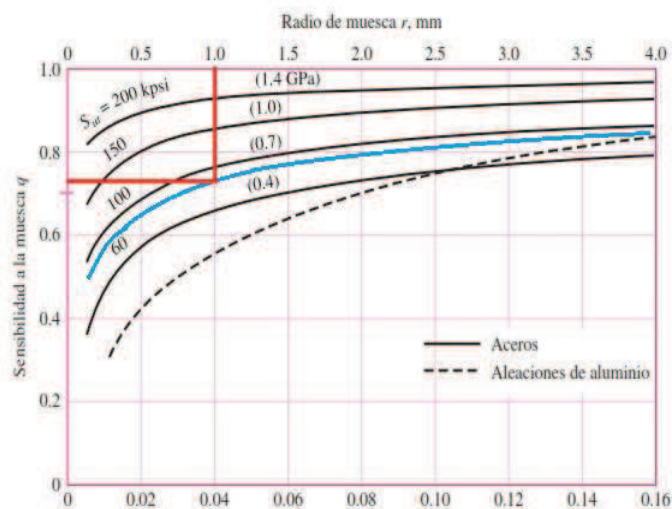
- ✓ Ke: Factor de Confiabilidad: Se considera una confiabilidad del 95%

$$k_e = 0,868$$

- ✓ Kf: Factor por concentración de esfuerzos, aplicado la ecuación [Ec. 1. 34] se tiene:

Según la Figura 3.20. el radio de ranura: 1 mm y $q = 0,73$

FIGURA 3. 20. SENSIBILIDAD A LA MUESCA Q



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

$$D = 44,45 \text{ mm}$$

$$d = 35 \text{ mm}$$

Con los diámetros obtenidos se aplica la ecuación [Ec. 1. 35] y [Ec. 1. 36] entonces se tiene:

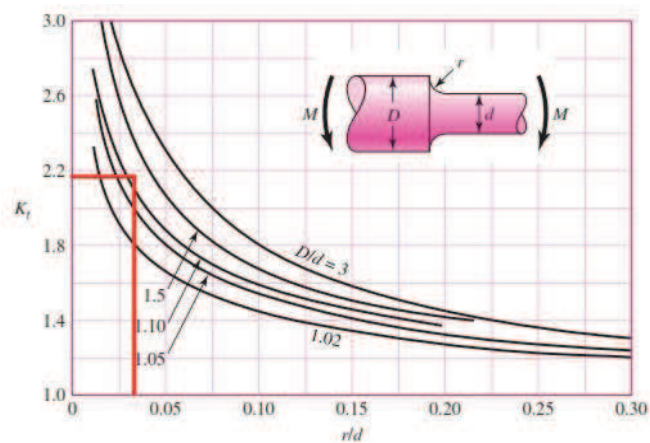
$$\frac{D}{d} = 1,27 \quad \text{Resp. 3.39}$$

$$\frac{r}{d} = 0,0285 \quad \text{Resp. 3.40}$$

Y aplicando la ecuación [Ec. 1. 34] se tiene:

$$K_t = 2,18 \quad \text{Resp. 3.41}$$

FIGURA 3. 21. BARRA DE SECCIÓN CIRCULAR EN FLEXIÓN CON ESTRECHAMIENTO Y ENTALLE



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

$$K_f = 1 + 0,73(2,18 - 1)$$

$$K_f = 1,861$$

Una vez conocidos los valores, reemplazamos en la ecuación de Marín, ecuación [Ec. 1. 29]:

$$S_e = 0,832 * 0,827 * 1 * 1 * 0,868 * 1,861 * 295$$

$$S_e = 327,88 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.42}$$

c) Esfuerzos medios y alternantes

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{\text{máx}} = 245,76 \text{ MPa} ; \sigma_{\text{mín}} = -245,76 \text{ MPa} ;$$

Aplicando la ecuación [Ec. 1. 37] el esfuerzo medio es:

$$\sigma_m = \frac{245,76 \text{ MPa} + (-245,76 \text{ MPa})}{2}$$

$$\sigma_m = 0 \text{ MPa}$$

Resp. 3.43

Aplicando la ecuación [Ec. 1. 38] el esfuerzo alternante es:

$$\sigma_a = \frac{245,76 \text{ MPa} - (-245,76 \text{ MPa})}{2}$$

$$\sigma_a = 245,76 \text{ MPa}$$

Resp. 3.44

Se prueba que la selección diámetro de 1 3/4 pulgadas igual a 44,45 mm no fallará a fatiga, y se comprueba con la teoría de falla de la recta de Soderberg, que indica la ecuación [Ec. 1. 39], entonces se tiene:

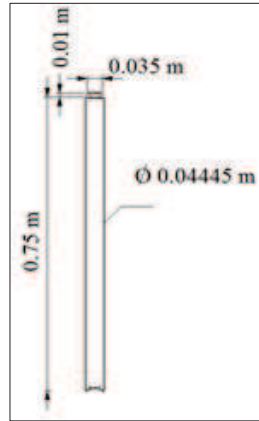
$$\frac{0}{490 \times 10^6} + \frac{245,76 \times 10^6}{327,88 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 1,33$$

Resp. 3.45

3.7.4.7. Cálculo del volumen y peso del brazo

FIGURA 3. 22. ESQUEMA DEL BRAZO DEL EJE



Fuente: Autores

Para hallar el volumen del brazo del péndulo, como indica la figura 3.22 se utiliza la fórmula del volumen del cilindro $V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} * l$ (ANEXO A-18), entonces se tiene:

$$V_1 = \frac{\pi * 0,04445^2}{4} * (0,75) = 1,164 \times 10^{-3} \text{m}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi * 0,035^2}{4} * (0,01) = 9,621 \times 10^{-6} \text{m}^3$$

$$V_b = V_1 + V_2 = 1,173 \times 10^{-3} \text{m}^3 \quad \text{Resp. 3.46}$$

Para encontrar el peso del brazo utilizamos la siguiente ecuación, sabiendo que la densidad del acero SAE 1040 es 7850 kg/m^3 :

$$m_b = 7850 * 1,173 \times 10^{-3}$$

$$m_b = 9,20 \text{ kg} \quad \text{Resp. 3.47}$$

3.7.5. Diseño del martillo (2)

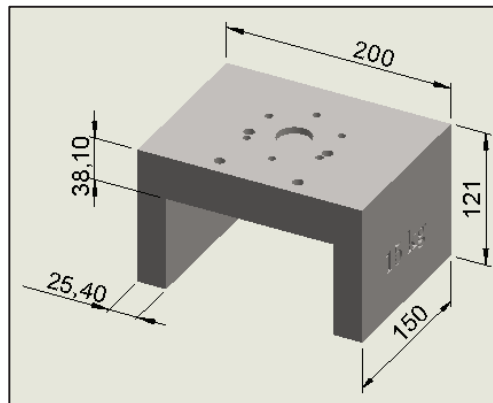
Para el peso del martillo (2) nos hemos propuesto diseñarlo con un menor peso, de 14 kg, tendrá las mismas características físicas que del martillo (1). Se utiliza el acero A36 con $\rho_{\text{acero}} = 7850 \text{ kg/m}^3$, utilizando la fórmula de la densidad del (ANEXO A-17) se tiene:

$$V_m = \frac{14}{7850}$$

$$V_m = 1,78 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{Resp. 3.48}$$

Para el cálculo del volumen del martillo tenemos figuras geométricas conocidas, como se muestra en la figura 3.23.

FIGURA 3. 23. DIMENSIONES DEL MARTILLO DE 14 KG



Fuente: Autores

$$V_1 = 0,121 \times 0,15 \times 0,0254$$

$$V_1 = 4,61 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,1492 \times 0,15 \times 0,0381$$

$$V_2 = 8,53 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_1 = V_3 = 4,61 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Resp. 3.49

Volumen de agujeros (ANEXO A-17):

$$V_4 = \frac{\pi(0,035)^2}{4} * 0,01 + 7 \left[\frac{\pi(0,008)^2}{4} * 0,0381 \right]$$

$$V_4 = 2,3 \times 10^{-5} \text{m}^3$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 - V_4$$

$$V_T = 1,751 \times 10^{-3} \text{m}^3 \quad \text{Resp. 3.50}$$

Con el volumen real del martillo se calcula el peso del mismo utilizando la fórmula del (ANEXO A-17) despejando la masa se tiene:

$$W_m = 1,751 \times 10^{-3} * 7850$$

$$W_m = 13,75 \text{ kg} \quad \text{Resp. 3.51}$$

3.7.6. Volumen y masa teórica del péndulo

Para realizar este cálculo se utilizan las fórmulas de volumen de las figuras geométricas conocidas, además la masa estará en función de la densidad de los materiales antes seleccionados y se sumarán todas las masas involucradas. En las tablas 3.1; 3.2 se muestran los resultados obtenidos.

TABLA 3. 1. RESULTADOS DE MASA Y VOLUMEN DE LOS COMPONENTES DEL PÉNDULO (1)

Elemento	Masa (kg)	Volumen(m³)
Buje	0.30	3.8×10^{-5}
Brazo del péndulo	9,20	$1,173 \times 10^{-3}$
Martillo	23,57	3×10^{-3}
Percutor	2.21	2.87×10^{-4}
Brida	0,31	$3,98 \times 10^{-5}$
Total	35.5	$4,53 \times 10^{-3}$

Fuente: Autores

TABLA 3. 2. RESULTADOS DE MASA Y VOLUMEN DE LOS COMPONENTES DEL PÉNDULO (2)

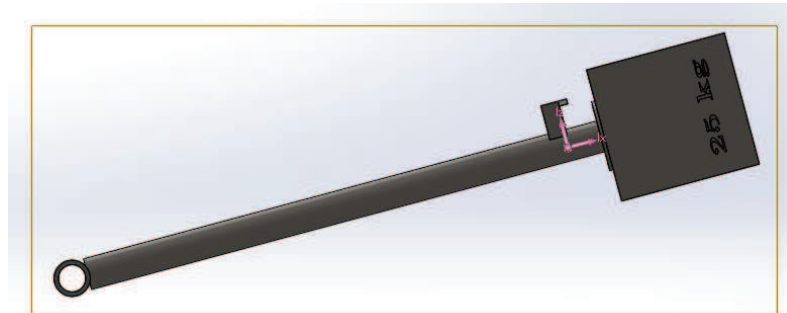
Elemento	Masa (kg)	Volumen (m ³)
Buje	0.30	3.8×10^{-5}
Brazo del péndulo	9,20	$1,173 \times 10^{-3}$
Martillo	13,75	$1,751 \times 10^{-3}$
Percutor	2.21	2.87×10^{-4}
Brida	0,31	$3,98 \times 10^{-5}$
Total	25.7	$3,28 \times 10^{-3}$

Fuente: Autores

3.7.7. Cálculo del centro de gravedad del péndulo (1)

En la figura 3.24. Se muestra el centro de gravedad calculado mediante solidworks

FIGURA 3. 24. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO (1)



Fuente: Autores

El centro de gravedad del péndulo (1), tiene las siguientes coordenadas, según el software CAD, como se muestra en la figura 3.25, vemos los valores en x y z,

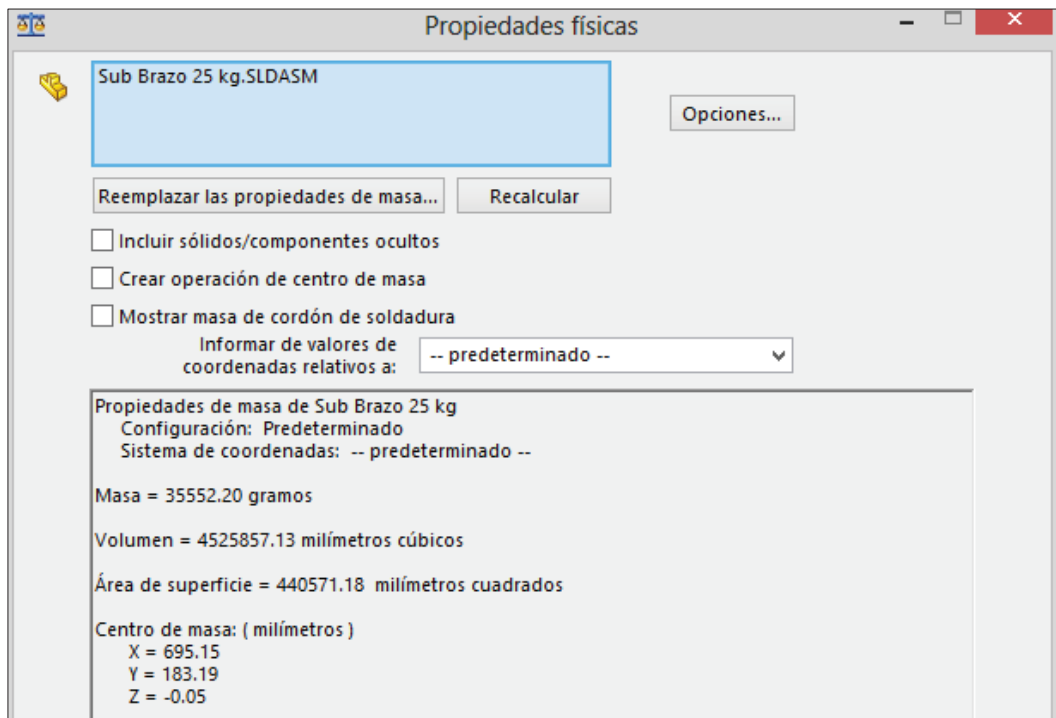
$$X= 695.15 \text{ mm}$$

$$Y= 183.19 \text{ mm}$$

$$Z= -0.05 \text{ mm}$$

Se verifica el centro de gravedad a 0.69 m.

FIGURA 3. 25. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PENDULO (1) EN SOFTWARE CAD

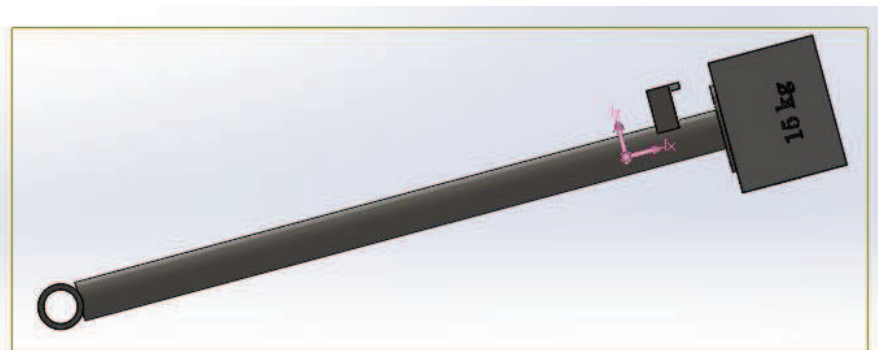


Fuente: Autores

3.7.8. Centro de gravedad del péndulo (2)

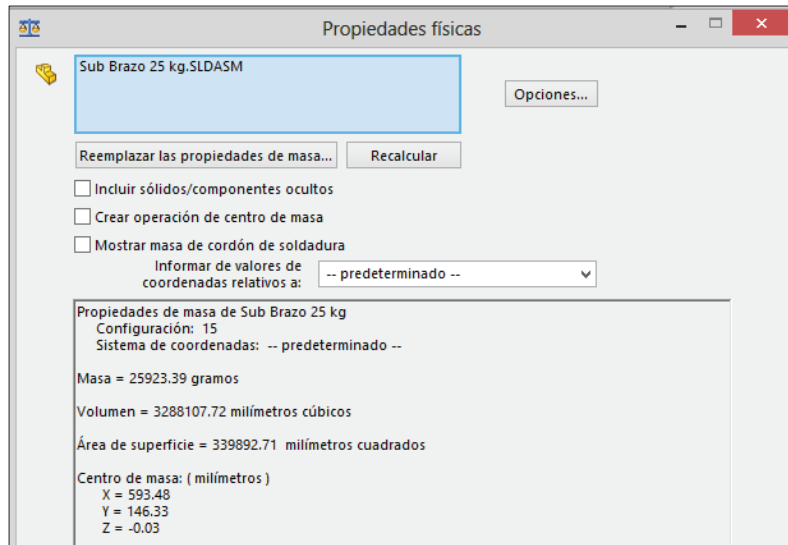
El centro de gravedad del martillo (2) se lo calcula con la ayuda del SOFTWARE CAD, dándonos como resultado lo siguiente, como se muestra en la Figura 3.26.

FIGURA 3. 26. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PENDULO (2) EN SOFTWARE CAD



Fuente: Autores

FIGURA 3. 27. CENTRO DE GRAVEDAD DEL PENDULO (2) EN SOFTWARE CAD



Fuente: Autores

Una vez diseñado los elementos del péndulo, se procede a comprobar la energía generada con cada uno de los martillos y debe cumplir con la Norma ASTM E-23. Conocido el ángulo y la distancia, aplicando la ecuación [Ec. 1. 6] del Capítulo I, la cual indica la altura inicial, conocido este valor se aplica la [Ec. 1. 2] para determinar la energía generada por el péndulo y por último se determina la velocidad aplicando la ecuación [Ec. 1. 5] se tiene los siguientes resultados que indica la tabla 3.3:

TABLA 3. 3. RESULTADOS DE LA ENERGÍA GENERADA POR EL PÉNDULO A VARIOS ÁNGULOS DE INCLINACIÓN

PÉNDULO	MASA	θ (°)	DISTANCIA	h_1 (m)	E_o (J)	V(m/s)
1	35,5	110	0,69	0,93	322,15	4,26
2	25,7	110	0,59	0,79	199,42	3,93
1	35,5	105	0,69	0,87	302,18	4,12
2	25,7	105	0,59	0,74	187,05	3,81
1	35,5	100	0,69	0,81	281,73	3,98
2	25,7	100	0,59	0,69	174,4	3,68

Fuente: Autores

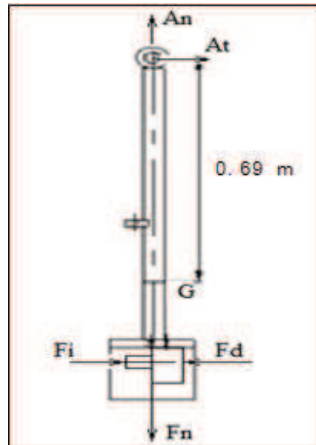
El análisis de la energía generada y la velocidad obtenida del péndulo cuando tiene un ángulo de elevación de 105° satisfacen los requerimientos según la norma.

3.7.9. Diseño del eje que cuelga el péndulo

3.7.9.1. Cálculo de cargas en el eje que cuelga el péndulo

En la figura 3.28 se muestra las cargas que aparecen en el momento de impacto.

FIGURA 3. 28. CARGAS DINÁMICAS QUE ACTÚAN EN EL PÉNDULO AL IMPACTO



Fuente: Autores

Haciendo el análisis de fuerzas en la Figura 3.28, en donde la velocidad angular del péndulo es 5.77 rad/s se tiene:

$$\sum F_n = m * R * \omega^2$$

$$A_n - F_n = 35.5 * 0.69 * 5.77^2$$

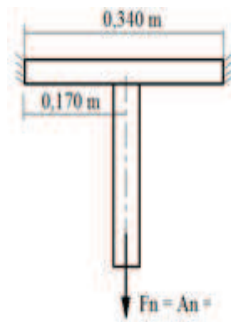
$$A_n - 35.5 * 9.8 = 35.5 * 0.69 * 5.77^2$$

$$A_n = 1163.40 \text{ N}$$

Resp. 3.52

Realizamos el análisis de las cargas que están directamente involucradas en el eje que sostiene el brazo del péndulo y vemos que soporta una fuerza normal de tracción (A_n) máxima durante el impacto. Como se muestra en la Figura 3.29.

FIGURA 3. 29. DIAGRAMA DE FUERZAS EN EL EJE SOPORTE DE PÉNDULO



Fuente: Autores

De acuerdo al (ANEXO A-5), para una viga con apoyos simples y con carga central las reacciones son:

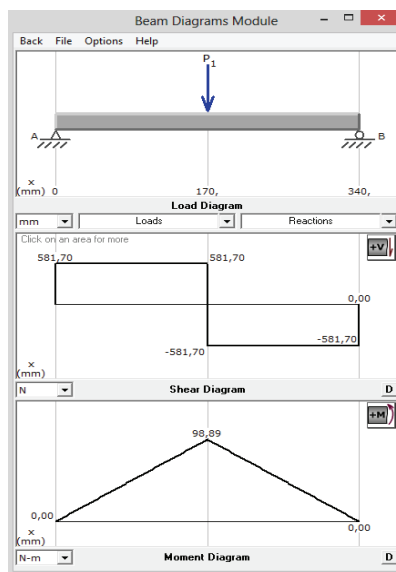
$$R_1 = R_2 = \frac{An}{2}$$

$$R_1 = R_2 = 581.70 \text{ N}$$

Resp. 3.53

Realizando el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el programa md solid como lo indica la Figura 3.30, el momento flector máximo es de 98.89 N-m.

FIGURA 3. 30. DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR (PROGRAMA MD SOLID)



Fuente: Autores

3.7.9.2. *Diseño estático del eje*

Conocidos los esfuerzos a los que estará sujeto el eje que sostiene el péndulo se realiza un diseño estático del eje, para obtener el diámetro adecuado.

Utilizando un acero AISI SAE 1020 laminado en caliente (ANEXO A-1) que presenta las siguientes propiedades mecánicas:

- Resistencia a la fluencia: $S_y = 210 \text{ MPa}$
- Resistencia última a la tensión: $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$

Aplicando la condición de diseño, reemplazamos los valores conocidos en la ecuación [Ec. 1. 25] y despejamos el diámetro mínimo estableciendo un factor de seguridad se tiene:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M * n}{\pi * S_y}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 98.89 * 2}{\pi * 210 \times 10^6}}$$

$$d = 0,021 \text{ m}$$

Resp. 3.54

3.7.9.3. *Diseño del eje a fatiga*

a) *Resistencia a la fatiga*

De acuerdo a la ecuación de Marin, ecuación [Ec. 1. 29], se tiene:

Para el cálculo del S_e' se debe considerar el comportamiento de los esfuerzos, se estimara el límite de resistencia a la fatiga aplicando la ecuación [Ec. 1. 30]:

$$S_e' = 0,5 * 380 \times 10^6$$

$$S_e = 190 \text{ Mpa}$$

Resp. 3.55

Se calcularan los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga:

- Ka: Acabado superficial: Con un valor de resistencia última de 590 MPa y una superficie maquinada aplicando la ecuación [Ec. 1. 31], se tiene: (ANEXO A-2).

$$k_a = 4,51(380)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,934$$

Resp. 3.56

- Kb: Factor de tamaño: Como el diámetro estimativo en el análisis estático es de 38,1 mm (aproximadamente $1\frac{1}{2}$ pulgada), se realizará el análisis para verificar este diámetro utilizando la ecuación [Ec. 1. 32], se tiene:

$$k_b = 0,879(1,5)^{-0,107}$$

$$k_b = 0,841$$

Resp. 3.57

- Kc: Factor de carga: Se considera una carga de flexión.

$$k_c = 1$$

-Kd: Factor de temperatura: Como la máquina va a trabajar en factores ambientales normales aplicando la ecuación [Ec. 1. 33], se tiene:

$$k_d = 1$$

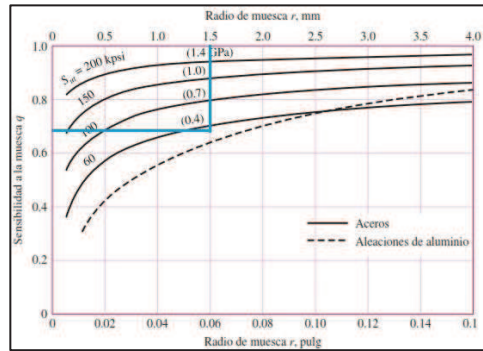
- Ke: Factor de Confiabilidad: Se considera una confiabilidad del 99%

$$k_e = 0,814$$

- Kf: Factor por concentración de esfuerzos.

La Figura 3.31 muestra la sensibilidad de la muesca $q=0.69$

FIGURA 3. 31. SENSIBILIDAD A LA MUESCA Q



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

$$D = 38,1 \text{ mm} ; d = 19,05 \text{ mm}$$

De las ecuaciones [Ec. 1. 35] y [Ec. 1. 36], se tiene;

$$\frac{D}{d} = 2$$

$$\frac{r}{d} = 0,0787$$

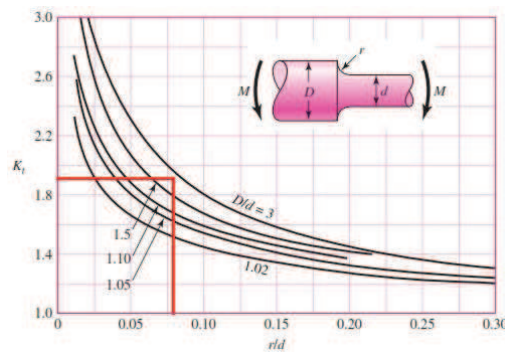
Entonces:

$$K_t = 1,91$$

Resp. 3.58

La Figura 3.32 muestra el Radio de ranura: 1,5 mm

FIGURA 3. 32. BARRA DE SECCIÓN CIRCULAR EN FLEXIÓN CON ESTRECHAMIENTO Y ENTALLE



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Aplicando la ecuación [Ec. 1. 34], se tiene:

$$K_f = 1 + 0,69(1,91 - 1)$$

$$K_f = 1,628 \quad \text{Resp. 3.59}$$

Una vez conocidos los valores, reemplazamos en la ecuación de Marín, ecuación [Ec. 1. 29].

$$S_e = 0,934 * 0,841 * 1 * 1 * 0,814 * 1,628 * 190$$

$$S_e = 197,78 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.60}$$

b) Esfuerzos medios y alternantes

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son, para un diámetro de 38,1 mm:

$$\sigma_{\text{máx}} = 11,86 \text{ MPa} ; \sigma_{\text{mín}} = -11,86 \text{ MPa} ;$$

Aplicando la ecuación [Ec. 1. 37], el Esfuerzo medio es:

$$\sigma_m = 0 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.61}$$

Utilizando la ecuación [Ec. 1. 38], el esfuerzo alternante es:

$$\sigma_a = 11,86 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.62}$$

Se prueba que la selección diámetro de 1 1/2 pulgadas igual a 38,1 mm no fallará a fatiga, y se comprueba con la teoría de falla de la recta de Soderberg la cual se indica en la ecuación [Ec. 1. 39].

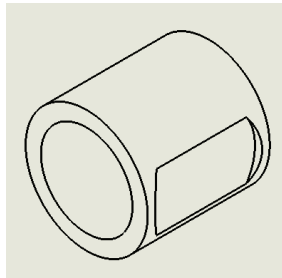
$$\frac{0}{490 \times 10^6} + \frac{11,86 \times 10^6}{197,78 \times 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 16,68 \quad \text{Resp. 3.63}$$

3.7.10. Diseño del buje del péndulo

Las medidas del buje son la siguientes, el diámetro interior es de 38.1 mm y el diámetro exterior de 50.8 mm. Como se muestra en la Figura 3.33.

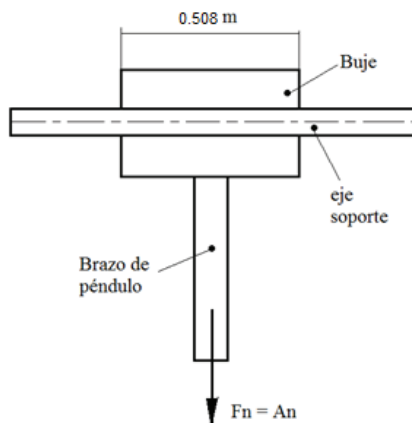
FIGURA 3. 33. DISEÑO DEL BUJE



Fuente: Autores

La Figura 3.34 muestra el sistema de cargas en el eje soporte del péndulo.

FIGURA 3. 34. DIAGRAMA DE CARGAS EN EL EJE SOPORTE DEL PÉNDULO



Fuente: Autores

De acuerdo al (ANEXO A-5) el momento máximo que se produce en el buje es :

$$M = \frac{Fd}{2}$$

$$M = \frac{1163.40 \times 0,0508}{2}$$

$$M = 29,55 \text{ Nm}$$

Resp. 3.64

3.7.10.1. *Diseño estático del buje*

Conocidos los esfuerzos a los que estará sujeto el buje del péndulo se realiza el diseño estático para comprobar que el diámetro seleccionado y el material resiste la carga. Utilizando un acero AISI SAE 1020 laminado en caliente (ANEXO A-1) que presenta las siguientes propiedades mecánicas:

- Resistencia a la fluencia: $S_y = 210 \text{ MPa}$
- Resistencia última a la tensión: $S_{ut} = 380 \text{ MPa}$

Aplicamos la condición de diseño, reemplazamos los valores conocidos en la siguiente ecuación [Ec. 1. 22], sabiendo que el segundo momento de área de un círculo hueco es: $I_x = I_y = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$ despejando el factor de seguridad aplicando la ecuación [Ec. 1. 26] se tiene:

$$\sigma_{fmax} = \frac{29,55 * 0,0508 * 32}{\pi * (0,0508^4 - 0,0381^4)}$$

$$\sigma_{fmax} = 3,35 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.65}$$

$$n \leq \frac{S_y}{\sigma_{fmax}} \rightarrow \text{ok}$$

3.7.10.2. *Diseño de soldadura entre el buje y el brazo*

Se establece una soldadura de filete con carga transversal, para analizar el esfuerzo cortante que genera el impacto. Considerando que la Fuerza transversal es 1208,33 N, la longitud del filete es 0,004 m y Longitud de soldadura, $\pi d = 0,14 \text{ m}$, aplicando la ecuación [Ec. 1. 43], se tiene:

$$\tau = \frac{1208,33}{0,765 * 0,004 * 0,14}$$

$$\tau = 2,82 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.66}$$

Conociendo el esfuerzo cortante máximo generado por la carga de impacto, se procede a seleccionar la soldadura o electrodo con la condición que expresa la ecuación [Ec. 1. 44].

Para encontrar el esfuerzo permisible o admisible se utiliza el (ANEXO A-6), para una carga de tensión, entonces se tiene que:

$$\tau_{adm} = 0,6 S_y$$

Donde:

S_y = Límite de fluencia del brazo del péndulo, 490 MPa = 71 ksi

Remplazando S_y en el esfuerzo admisible se tiene:

$$\begin{aligned}\tau_{adm} &= 42,6 \text{ ksi} \\ \tau_{adm} &= 289,58 \text{ MPa} \qquad \text{Resp. 3.67}\end{aligned}$$

Se comprueba que la unión resulta satisfactoria con la condición que indica la ecuación [Ec. 1. 44].

$$289,58 > 2,82 \text{ MPa}$$

Se selecciona un electrodo E7018 que de acuerdo al (ANEXO A-7), la fuerza permisible por unidad de longitud de 3/16" de espesor de filete es $F = 2,39$ kip/pulg lineal, entonces se tiene:

$$\begin{aligned}F_{per} &= 2,39 * 5,51 \\ F_{per} &= 13,17 \text{ kip} \qquad \text{Resp. 3.68}\end{aligned}$$

Entonces considerando la condición que expresa la ecuación [Ec. 1. 45], se tiene:

$$13,17 \text{ kip} \geq 0,271 \text{ kip}$$

La condición indica que el material de aporte es satisfactorio.

3.7.11. Selección de rodamientos para el eje

La utilización de los cojinetes de rodamiento es muy importante para reducir la fricción del eje que está rotando. En este caso la fricción de deslizamiento se sustituye por fricción de rodamiento. Las cargas radiales están ya determinadas en la figura 3.34. En este caso no hay carga axial.

La selección del rodamiento está en función de su carga estática y no en base a su duración para los siguientes casos a conocer:

- Para un rodamiento estacionario que soporte cargas continuas o intermitentes (choques).
- Para que el rodamiento presente pequeños movimientos de oscilación o alineación bajo carga.
- Para que el rodamiento gire bajo carga a velocidades muy bajas
- Cuando el rodamiento gira y esté sometido a elevadas cargas de impacto durante una fracción de revolución.

Conocidos los parámetros adecuados para la selección del rodamiento definimos la carga radial máxima que debe soportar.

$$Fr = 581.70 \text{ N}$$

Diámetro del eje: 0,021 m; trabaja en condiciones bajas de duración

Cálculo de la capacidad de carga estática requerida teniendo en cuenta que el factor de esfuerzo estático para exigencias normales es 1-1,5 según el (ANEXO A-8), aplicando la ecuación [Ec. 1. 46] se tiene:

$$C_{0\text{req}} = 1,1 * P_0 \qquad \text{Resp. 3.69}$$

La carga estática equivalente P_o esta dada por la ecuación [Ec. 1. 47], y existen dos alternativas para su cálculo, las cuales se indican en las ecuaciones [Ec. 1. 48] y [Ec. 1. 49], como no tenemos fuerza axial, por lo tanto se tiene:

$$\frac{F_a}{F_r} = 0; P_o = F_r = 581.70 \text{ N}$$

Al reemplazar en la ecuación [Ec. 1. 46] tenemos que:

$$c_{o_{req}} = 639.87 \text{ N} \qquad \text{Resp. 3.70}$$

Se selecciona rodamiento rígido de bolas: 6005, que posee las siguientes características:

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$D = 47 \text{ mm}$$

$$C = 10700 \text{ N}$$

$$C_o = 5900 \text{ N}$$

Como observamos cumple con la condición de diseño para carga estática de rodamiento

$$C_o = 639.87 \text{ N} < 5900 \text{ N} \rightarrow Ok$$

3.7.12. Selección de la chumacera del rodamiento

Para la selección de la chumacera se debe realizarla por la factibilidad que existe en el mercado, comúnmente estas chumaceras se encuentran a disposición conjuntamente con el rodamiento, formando una sola pieza, se selecciona una chumacera de pared por la disposición de la estructura soporte.

3.7.13. Diseño de las columnas

Se ha establecido dos perfiles estructurales en UPN como estructura principal, para sostener a todos los componentes del péndulo así como la sujeción del mismo, estas columnas estarán empotradas a una base principal, que hará más rígido el bastidor, con lo que se evitarán vibraciones al momento del ensayo.

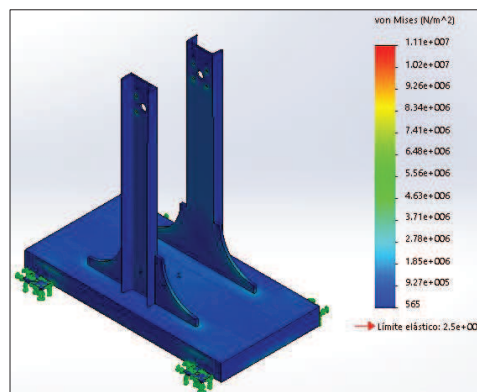
Se realizó estudios del comportamiento mecánico de las columnas y la base, en el software Solidworks Simulation, los estudios estáticos calculan desplazamientos, fuerzas de reacción, deformaciones unitarias tensiones y factor de seguridad, el material falla en ubicaciones donde las tensiones exceden.

Para mejor apreciación de las cargas aplicadas a la estructura, el software genera un espectro de colores que va desde tonos fríos para cargas admisibles tolerables hasta tonos cálidos que significan saturación de esfuerzo en elementos mecánicos.

3.7.13.1. Trazado de tensiones

Las mayores tensiones se encuentran en la zona de los agujeros que soportan todo la fuerza del péndulo, la tension maxima es de $1.11e+007 \text{ N/m}^2$ la tension máxima es menor al límite elástico, por lo que se considera apto. Como se muestra en la Figura 3.35.

FIGURA 3.35. TENSIONES VON MISES

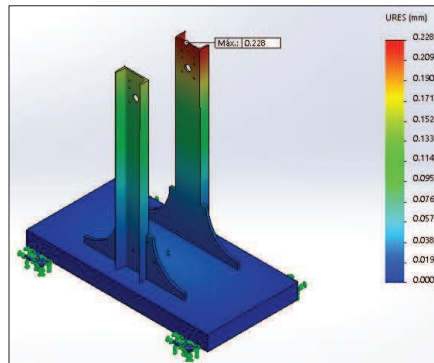


Fuente: Autores

3.7.13.2. Trazado de desplazamientos

Los mayores desplazamientos se producen en las tiras de las columnas, el valor máximo es de 0.228 mm. Como indica la Figura 3.36.

FIGURA 3.36. DESPLAZAMIENTO

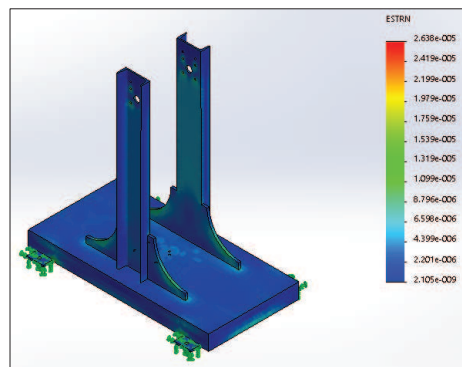


Fuente: Autores

3.7.13.3. Trazado de deformaciones unitarias

En la figura 3.37 se observa la deformación unitaria máxima.

FIGURA 3.37. DEFORMACIONES UNITARIAS

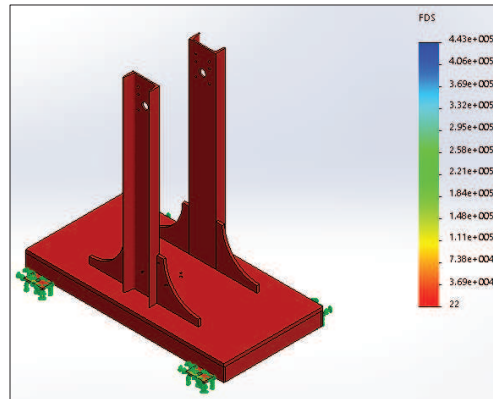


Fuente: Autores

3.7.13.4. Análisis de factor de seguridad

El factor de seguridad que nos da es de 22 significa que el diseño es seguro en esa ubicación y que el material alcanzará el límite elástico si dobla las cargas.

FIGURA 3.38. FACTOR DE SEGURIDAD



Fuente: Autores

Los resultados obtenidos en las simulaciones muestran que las tensiones y deformaciones a las que se somete la base y las columnas durante su aplicación son las esperadas y no entrañan ningún tipo de problema. El diseño se considera el adecuado.

A continuación se selecciona un perfil estructural cuya dimensión mayor sobrepase al diámetro del eje y de las chumaceras de pared. Entonces se escoge un perfil UPN 160 para verificar su resistencia, ver Tabla 3.4.

TABLA 3. 4. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PERFIL UPN

PERFILES LAMINADOS UPN											Especificaciones Generales		
Calidad	ASTM A 36												
Otras calidades	Previa Consulta												
Largo normal	6,00 mts. Y 12,00 mts												
Otros largos	Previa Consulta												
Acabado	Natural												
Otro acabado	Previa Consulta												

DENOMINACION	DIMENSIONES						TIPOS					
	h	s	g	t	R	R1	SECCION	PESOS	Ix	Iy	Wx	Wy
	mm	mm	mm	mm	mm	cm4	cm2	kg/mt	cm4	cm4	cm3	cm3
UPN 50	50	38	5.00	7.00	7.00	3.50	7.12	5.59	26.40	9.12	10.60	3.75
UPN 65	65	42	5.50	7.50	7.50	4.00	9.03	7.09	57.50	14.10	17.70	5.07
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

3.7.13.5. Cálculo de soldadura de la base y las columnas

Teniendo como datos lo siguiente:

Electrodo E7018 x1/8"

Resistencia a la tensión del metal de aporte: 70 Kpsi

Sabiendo que el esfuerzo admisible de fluencia del acero es: ver (ANEXO A-6)

$$F_b = 0.66 * F_y$$

Espesor de la garganta efectiva = 0,707 * Tamaño de la soldadura

Resistencia a la soldadura = Espesor de la garganta * 0.30 * Resistencia mínima a tensión de la soldadura

Se selecciona una soldadura de filete con electrodo E7018 x 1/8" con el proceso de arco metálico protegido por 4plg. de longitud.

Espesor de la garganta efectiva es igual:

$$T_e = 0.707 * 1/8$$

$$T_e = 0.08 \text{ plg}$$

$$\text{Resistencia de soldadura} = 0.08 (0.30 * 70)$$

$$\text{Resistencia de soldadura} = 1.68 \text{ Klb/plg}$$

$$1.44 \text{ Klb/plg} * 4 \text{ plg} = 6.72 \text{ klb}$$

$$0.58 \text{ Klb} \leq 6.72 \text{ Klb}, \text{ si cumple}$$

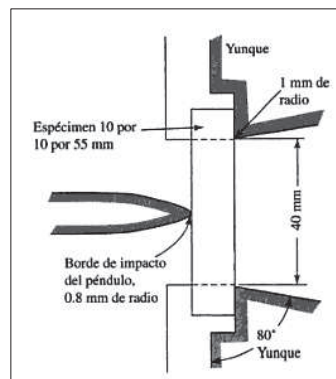
Resp. 3.71

3.7.14. Dimensionamiento del yunque

El yunque es el elemento donde va apoyarse la probeta para recibir la carga de impacto y debe ser lo suficientemente pesado en relación con la energía de impacto, para que se evite la pérdida de energía por la deformación o vibración, se selecciona un acero ASTM A36, para el diseño del yunque.

La Figura 3.39 muestra las dimensiones del yunque y la posición de la probeta, ésta recibe el golpe de impacto súbitamente en el punto medio, al mismo tiempo los apoyos del yunque reciben una fuerza de compresión por lo que se debe dar un espesor adecuado, para el diseño se supondrá que la probeta forma parte del yunque.

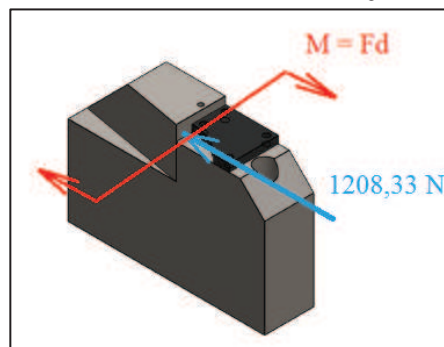
FIGURA 3. 39. DIMENSIÓN DE LA MUESTRA ESTÁNDAR



Fuente: Robert L. Diseño de elementos de máquinas

Se realiza el dimensionamiento en solidWorks como lo indica la Figura 3.40 acorde a la norma y se realiza el cálculo de esfuerzos a los cuales está sometido.

FIGURA 3. 40. DIAGRAMA DE CARGAS EN EL YUNQUE DE LA MÁQUINA CHARPY



Fuente: Autores

Para encontrar el esfuerzo de compresión provocado en la cara del yunque, utilizamos la ecuación [Ec. 1. 22], entonces se tiene:

$$\sigma_A = \frac{1208,33}{(0,015 \times 0,05)}$$

$$\sigma_A = 1,61 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.72}$$

Para el esfuerzo de flexión utilizamos el momento generado por la traslación de la carga de impacto hacia el yunque, aplicando la ecuación [Ec. 1. 23], sabiendo que el Momento máximo, $1208,33 \times 0,02$, la distancia más alejada de las fibras de flexiones $7,5 \text{ mm}$, y Momento principal de inercia de la sección rectangular, $1,41 \times 10^{-8} \text{ m}^4$ aplicando en la ecuación [Ec. 1. 22] se tiene:

$$\sigma_F = \frac{(1208,33 \times 0,02) \times 0,0075}{1,41 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma_F = 12,86 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.73}$$

Utilizamos la ecuación [Ec. 1. 27] para encontrar el esfuerzo normal:

$$\sigma = 12,86 - 1,61$$

$$\sigma = 11,25 \text{ MPa} \quad \text{Resp. 3.74}$$

Aplicamos la condición de diseño que indica la ecuación [Ec. 1. 26] se tiene:

$$n \leq \frac{248}{11,25} \leq 22$$

3.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y SELECCIÓN DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

3.8.1. *Parámetros de diseño de la aplicación de control.*

La aplicación que se diseñará para el martillo de charpy deberá permitir:

- ✓ Monitorear la posición angular, velocidad tangencial, energía potencial, energía cinética y la energía perdida durante el ensayo.
- ✓ Visualizar y Modificar parámetros que influyen en el ensayo, tales como: masas del martillo, longitud del péndulo y el ángulo inicial de ensayo.
- ✓ Información de ayuda para el correcto manejo de la aplicación.
- ✓ Comunicación con el PC para visualizar resultados del ensayo.

3.8.2. *Diseño de la aplicación de control.*

De acuerdo a los parámetros vistos en la sección anterior, la aplicación se diseñara en base a un microcontrolador al cual se le ingresara datos por medio de un teclado matricial de 4x4 y los datos y variables del ensayo se visualizaran mediante un GLCD de 128x64. Adicionalmente, la comunicación con el PC se lo realizará de manera inalámbrica mediante un módulo bluetooth que maneja el protocolo RS-232. El microcontrolador permitirá navegar entre 4 menús:

Menú Principal: Pantalla principal de la aplicación, la cual mostrara todas las opciones que ofrece la aplicación.

Menú Test: Pantalla de monitoreo de variables de posición, velocidad tangencia y energía de los ensayos de tenacidad. Este menú tendrá las opciones de iniciar/pausar un ensayo, y resetear las variables monitoreadas.

Menú Setup: Pantalla de configuración de parámetros del ensayo, tales como la masa del martillo (unidad especificada en kilogramos), la longitud eficaz del brazo (unidad especificada en metros) del péndulo de charpy y el ángulo inicial del ensayo (unidad especificada en grados).

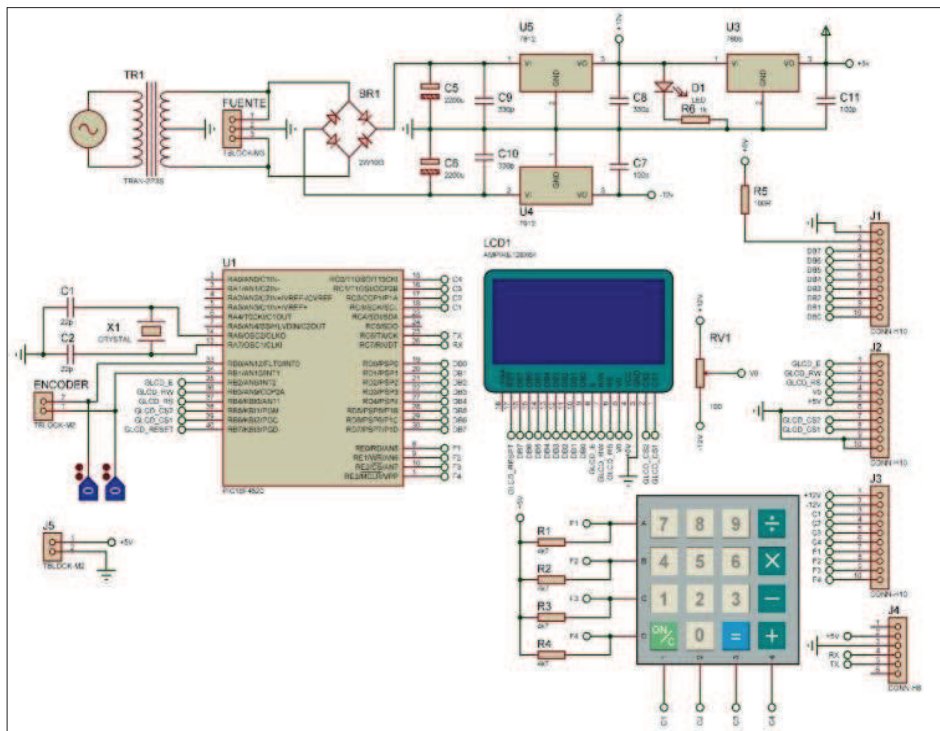
Menú Help: Pantalla con información concisa acerca del manejo y funcionamiento de la aplicación.

Menú About: Pantalla con información acerca de los autores de la aplicación y el ensayo de charpy.

3.8.3. Diagrama eléctrico de la placa principal.

Una vez establecido el diseño de la aplicación se procede a realizar el diagrama eléctrico de la aplicación, el cual se muestra en la figura 3.41.

FIGURA 3. 41. DIAGRAMA DE CONEXION DE LA PLACA PRINCIPAL



Fuente: Autores

En la parte superior de la Figura 3.41 se observa una fuente simétrica de +12v/-12v, para el control del contraste del GLCD, y una fuente de 5V para alimentar todo el circuito de control. En la parte derecha se puede observar los espadines de conexión para cada elemento del circuito, en orden descendente se tiene: El GLCD, el teclado matricial de 4x4 y el modulo bluetooth.

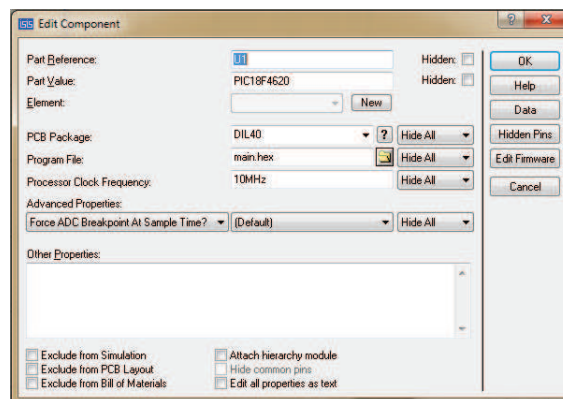
3.8.4. Algoritmo de la aplicación de control.

Una vez establecido el diagrama eléctrico de la aplicación, se procede a desarrollar el algoritmo de control en base a los parámetros establecidos en la Apartado 3.9.1 y siguiendo las especificaciones del Apartado 3.9.2. El algoritmo se desarrolla en lenguaje C para microcontroladores mediante el software PIC C Compiler. Ver (ANEXO D).

3.8.5. Simulación de la placa principal.

Una vez desarrollado el algoritmo de control se procede a la simulación del mismo mediante el software de diseño electrónico PROTEUS 8 paquete ISIS, para ello es importante definir la velocidad del cristal del microcontrolador y la ubicación del archivo donde se encuentra el algoritmo desarrollado, esto se puede apreciar en la figura 3.42.

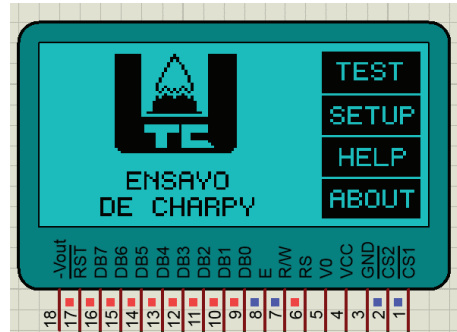
FIGURA 3. 42. CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PARA LA SIMULACIÓN



Fuente: Autores

Una vez iniciada la simulación la presentación del menú principal contendrá los menús a los que el usuario puede ingresar y un logotipo de la universidad, esto se puede ver en la figura 3.43.

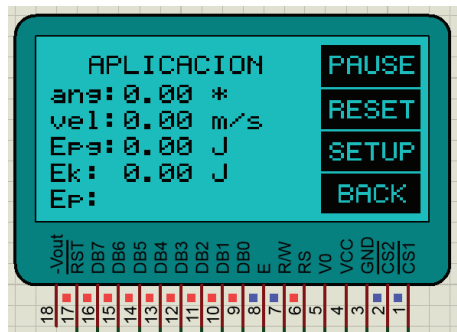
FIGURA 3. 43. PANTALLA DEL MENÚ PRINCIPAL



Fuente: Autores

Dentro del menú TEST podremos encontrar opciones para iniciar o resetear un ensayo, configurar los parámetros del mismo y regresar al menú principal. Una vez iniciado el test se mostraran datos del recorrido realizado por el péndulo, la velocidad tangencial y las diferentes energías desarrolladas durante el ensayo, esto se puede observar en la figura 3.44.

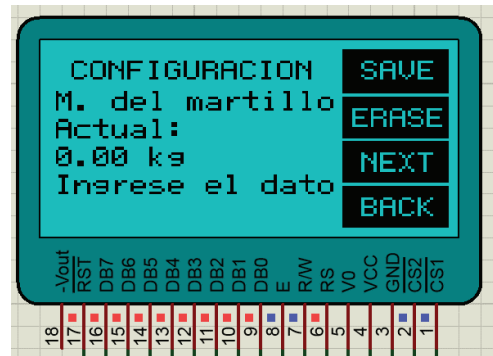
FIGURA 3. 44. TEST INICIADO Y EN ESPERA DEL ARRANQUE DEL PÉNDULO



Fuente: Autores

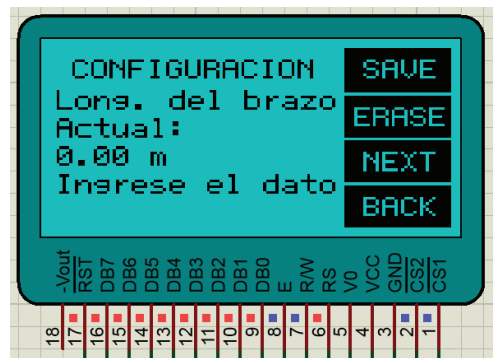
Dentro del menú SETUP se tendrá la posibilidad de configurar la masa del martillo, especificada en Kg, la longitud del péndulo, especificada en metros, y el ángulo inicial del ensayo, especificado en grados. Esto se puede observar en las figuras 3.45; 3.46; y 3.47, respectivamente.

FIGURA 3. 45. CONFIGURACIÓN DE LA MASA DEL MARTILLO



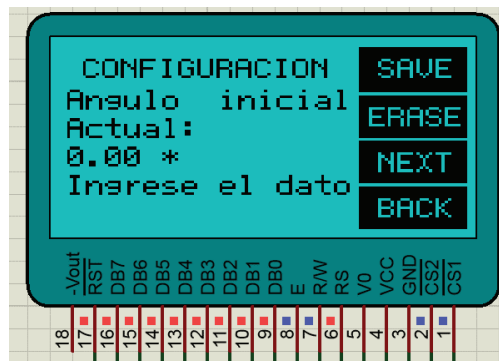
Fuente: Autores

FIGURA 3. 46. CONFIGURACIÓN DE LA LONGITUD DEL PÉNDULO



Fuente: Autores

FIGURA 3. 47. CONFIGURACIÓN DEL ÁNGULO INICIAL DEL ENSAYO



Fuente: Autores

El menú HELP le permitirá al usuario conocer sobre el manejo adecuado de la aplicación de control, en esta sección de la aplicación se detalla detenidamente cada uno de los menús y sus opciones, una pantalla de este menú se puede ver en la figura 3.48.

FIGURA 3. 48. PRIMERA PANTALLA DEL MENÚ HELP



Fuente: Autores

El menú ABOUT tiene una descripción de la aplicación y los autores de la misma, ver Figura 3.49

FIGURA 3. 49. PANTALLA PRINCIPAL DEL MENÚ ABOUT

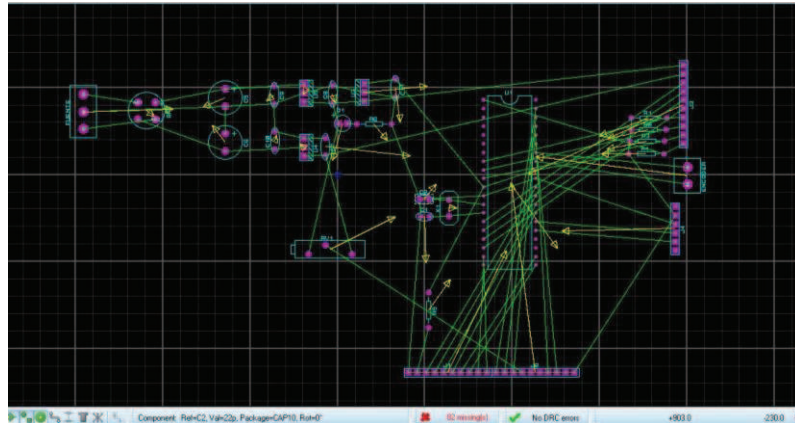


Fuente: Autores

3.8.6. *Diseño de la placa PCB para la placa principal.*

Para el desarrollo de la placa PCB de la conexión eléctrica especificada en la se empleará el software de diseño electrónico Proteus 8 el paquete ARES. Para trabajar en este software es muy importante el espacio que van ocupar todos los componentes, ver figura 3.50, por otra parte también se debe tomar consideraciones las separaciones adecuadas entre elementos susceptibles a interferencias electromagnéticas y elementos que las producen, como una bobina o un condensador.

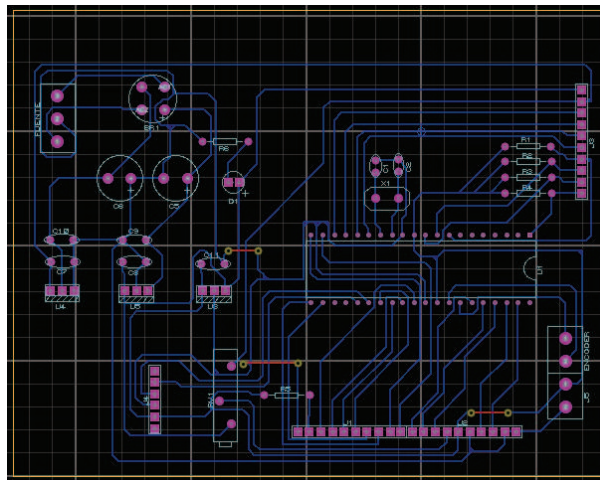
FIGURA 3. 50. POSICIONAMIENTO DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS



Fuente: Autores

En la figura 3.51 se pueden ver las pistas de cobre en color azul, los componentes en color celeste con rosado y los puentes en color rojo.

FIGURA 3. 51. DISEÑO PCB DE LA PLACA PRINCIPAL



Fuente: Autores

3.8.7. Descripción Programación LabVIEW

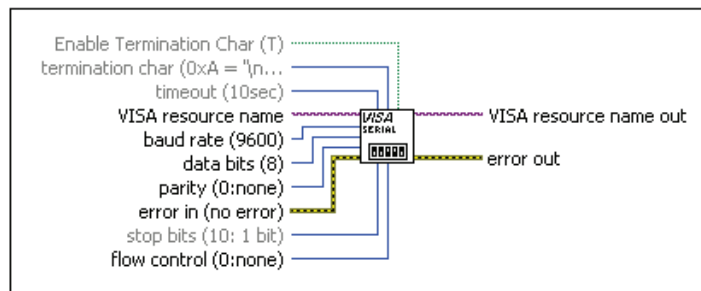
LabVIEW es una plataforma para desarrollar sistemas, con un lenguaje de programación visual. La aplicación de interfaz hombre máquina para el ensayo de impacto Charpy, tiene 3 etapas principales detalladas a continuación:

3.8.7.1. Etapa de Comunicación

La Etapa de comunicación, permite la transmisión y recepción de datos entre el microcontrolador y la aplicación desarrollada en LabVIEW. La sincronización de la comunicación serial se encuentra dado por el microcontrolador; este se encargara de enviarle un byte de información para determinar la etapa de ejecución en el mismo.

La inicialización de la comunicación en la aplicación se encuentra dada por la función VISA Configure Serial Port. El nombre del recurso VISA es el puerto de comunicación COM del dispositivo Bluetooth emparejado con la PC. Ver figura 3.52.

FIGURA 3. 52. VISA CONFIGURE SERIAL PORT



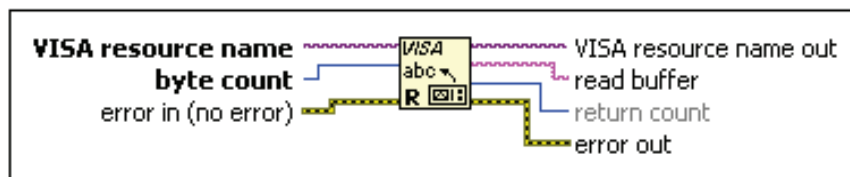
Fuente: Autores

Los parámetros de la comunicación definidos para la aplicación son:

- ✓ VISA resource name: COM1
- ✓ Baud rate: 9600
- ✓ Data bits: 8
- ✓ Timeout: 20000 ms (20 sec)
- ✓ Parity: 0

La lectura de los datos en LabVIEW se realiza mediante la función VISA Read. Los datos de entrada para esta función son el nombre del recurso VISA y el número de bytes a recibir, obteniendo a la salida un arreglo de caracteres correspondiente al buffer de la comunicación, convertidos adecuadamente para utilizarlos en la aplicación. Además esta función provee una salida para el manejo de errores. Ver la figura 3.53.

FIGURA 3. 53. VISA READ



Fuente: Autores

La escritura de los datos en LabVIEW se realiza mediante la función VISA Write. Los datos de entrada para esta función son el nombre del recurso VISA y la cadena de caracteres a enviar, obteniendo a la salida un contador del número de bytes enviados y además esta función provee una salida para el manejo de errores. Ver la figura 3.54

FIGURA 3. 54. VISA WRITE

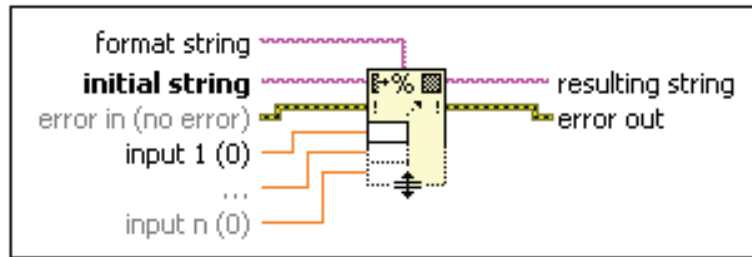


Fuente: Autores

3.8.7.2. Etapa de conversión de datos:

La comunicación serial asíncrona RS232, requiere de un tratamiento de datos adecuado tanto en el envío como en la recepción, para una posterior utilización de los mismos en la aplicación. En la fase de envío se utilizó la función Format into String. Ver la Figura 3.55.

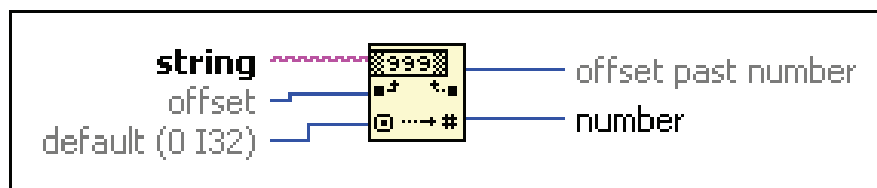
FIGURA 3. 55. FORMAT STRING



Fuente: Autores

Los parámetros de entrada para esta función son el formato de datos, el carácter o cadena de caracteres iniciales, y los datos a convertir, obteniendo como dato de salida un arreglo de caracteres adecuado para su envío a través de la función VISA WRITE. En la fase de recepción se utilizó la función Decimal String to Number. Ver Figura 3.56.

FIGURA 3. 56. DECIMAL STRING



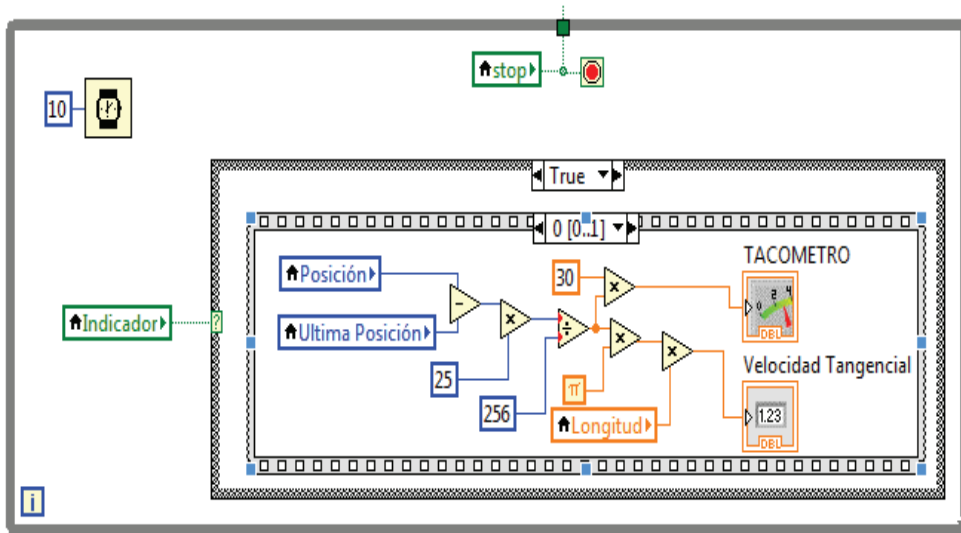
Fuente: Autores

Esta función permite la conversión de la cadena de caracteres, a un valor numérico, para su posterior uso en la aplicación.

3.8.7.3. Etapa de procesamiento de datos

La etapa de procesamiento se divide en dos bucles de programación, necesarios para obtener los datos requeridos en el ensayo de impacto. El primer bucle se encarga del cálculo de la velocidad angular y tangencial con un periodo de 10 milisegundos definido por programación. Ver figura 3.57.

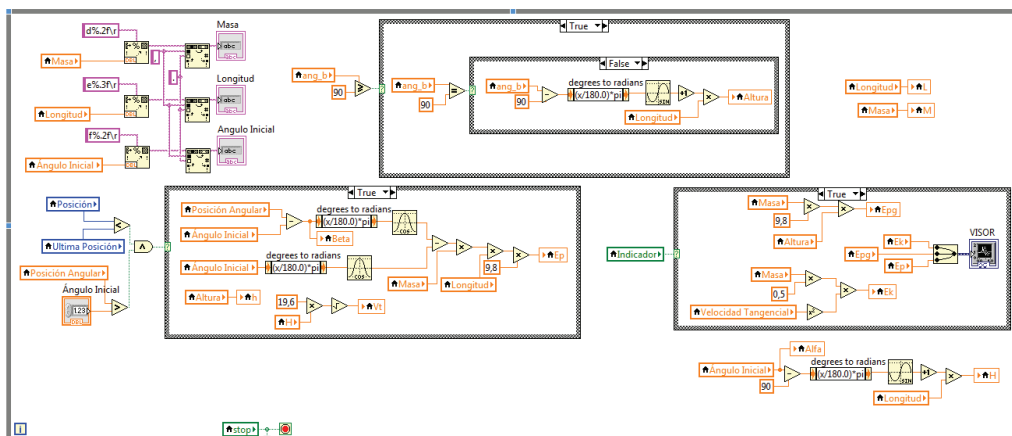
FIGURA 3. 57. PRIMER BUCLE



Fuente: Autores

El segundo bucle se encarga de la conversión de los datos para el envío serial, y el cálculo de posición angular, altura, energías y condiciones iniciales para su posterior visualización en la interfaz. Ver figura 3.58.

FIGURA 3. 58. SEGUNDO BUCLE



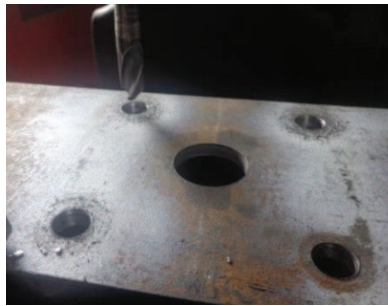
Fuente: Autores

3.9. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

3.9.1. *Construcción de las dos columnas*

De acuerdo con las medidas de los planos las dos columnas son construidas en UPN 160 las mismas que son soldadas a la base inferior, en su parte superior tienen 6 perforaciones, 4 que servirán para la chumacera de pared y los otros dos para la sujeción de la inclinación del brazo, las perforaciones se realizó en la máquina fresadora para obtener un mejor rango de precisión en los dos extremos de las columnas se puso dos refuerzos los mismos q sirven para que las columnas tengan mejor fijeza, se soldó con electrodo 7018 (7000 lb pulgada cuadrada), para todo tipo de corriente y diferentes posiciones de soldeo, como se muestra en la figura 3.59.

FIGURA 3. 59. PERFORACIONES EN LA UPN



Fuente: Autores

3.9.2. *Construcción del bocín*

El material seleccionado para la construcción del bocín es de acero SAE 1020, se maquina de acuerdo a los planos, con ajuste H10, como se ve en la Figura 3.60.

FIGURA 3. 60. CONSTRUCCIÓN DEL BOCIN

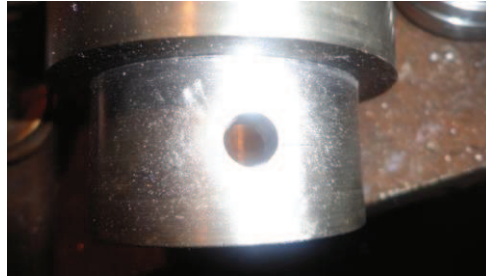


Fuente: Autores

3.9.3. Construcción de dos bujes

La construcción de los bujes también se construyó en acero SAE 1020, se maquinó de acuerdo a las medidas que se encuentran estipuladas en los planos, la característica del buje es de tipo sombrero. Como se muestra en la Figura 3.61.

FIGURA 3. 61. CONSTRUCCIÓN DE LOS BUJES



Fuente: Autores

3.9.4. Construcción del brazo

Se construyó en acero SAE 1040 con una medida exterior de 44.45 en su parte superior se soldó una placa de 6mm con electrodo E7018 para soldar la placa se hizo un bisel de 45 grados. Luego de haber soldado la placa se tornea el exceso de suelda y se refrenta las dos caras de la placa con la finalidad de que se asiente las dos superficies en contacto. En el mismo brazo se ubicó el seguro del brazo también se chaflano y se soldó con E7018 en la parte superior de la placa se realizó 6 perforaciones de acuerdo a los planos. Como se muestra en la Figura 3.62.

FIGURA 3. 62. CONSTRUCCIÓN DE LOS BUJES



Fuente: Autores

3.9.5. Construcción de los yunques

Para construir los yunques se seleccionó placas de dos pulgadas de acero ASTM A36, teniendo como características que son derecho e izquierdo, se sujetó a la base principal de la máquina con pernos de 13 M, los pernos de sujeción son de grado 8, en la parte superior del yunque se realiza cuatro perforaciones de diámetro. Como se muestra en la Figura 3.63.

FIGURA 3. 63. FRESADO DE LOS YUNQUES



Fuente: Autores

3.9.6. Construcción de los martillos

Los dos martillos se los realizó en placas stell 37 que tiene mejores características que el A36 una de las características principales es su mayor contenido de carbono la cual le da mejores características tanto en el corte y en su mecanizado. Como se muestra en la Figura 3.64.

FIGURA 3. 64. CONSTRUCCIÓN DE LOS MARTILLOS



Fuente: Autores

3.9.7. Construcción de los ángulos de la base

Para que la base sea empotrada en una superficie se puso ángulos de 4 pulgadas con perforaciones de diámetro de media en sus extremos los mismos que sirven para anclar en el piso, la sujeción sirve para que la máquina al momento de que tenga el impacto de rotura no se deslice o no cambie su posición inicial. Como se muestra en la figura 3.65.

Los ángulos serán soldados a la base principal de la máquina el soldeo se realizó en tramos opuestos para repartir la temperatura en forma uniforme y así evitar posibles deformaciones por transferencia de calor se dejara de soldar por 20 minutos y se verificara con una escuadra si la superficie soldada no se deforma en caso contrario se tendrá que realizar su debido alineamiento de base.

FIGURA 3. 65. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE



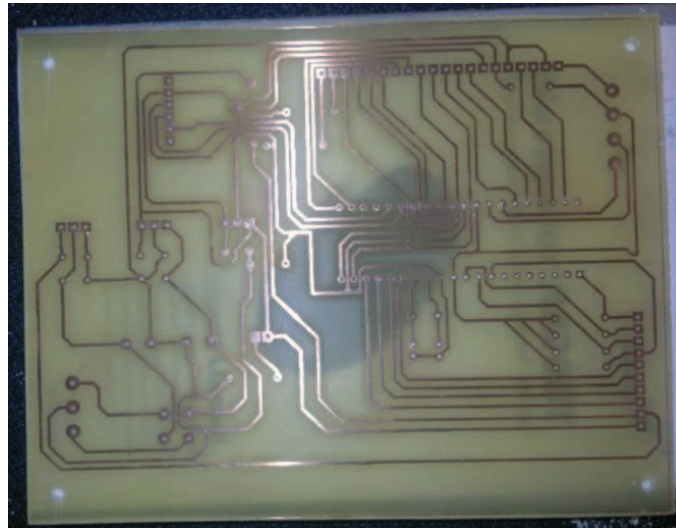
Fuente: Autores

3.9.8. Implementación del sistema de control

3.9.8.1. Conexiones eléctricas y electrónicas

Una vez adquirido todos los elementos electrónicos que y desarrollada la placa, se procede al soldado de los elementos sobre la placa, el resultado del diseño PCB se puede observar en la Figura 3.66.

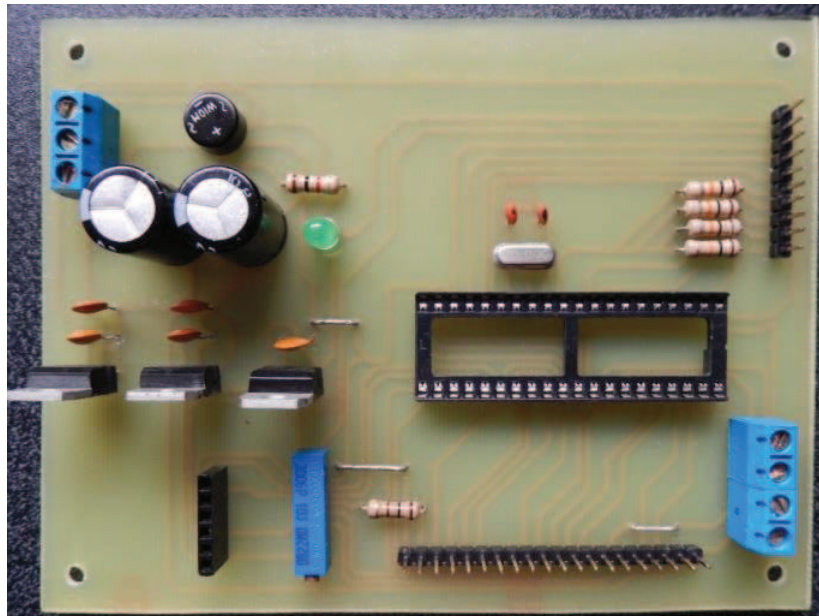
FIGURA 3. 66. PLACA PCB



Fuente: Autores

Se debe soldar todos los elementos uno a uno sobre la placa, una vez soldado todos los elementos sobre la placa, ver la Figura 3.67, se procede a la conexión del GLCD, del teclado y del módulo bluetooth.

FIGURA 3. 67. PLACA CON TODOS LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS SOLDADOS



Fuente: Autores

El resultado final se puede apreciar en la Figura 3.68.

FIGURA 3. 68. SISTEMA ELECTRICO ELECTRONICO ENSAMBLADO

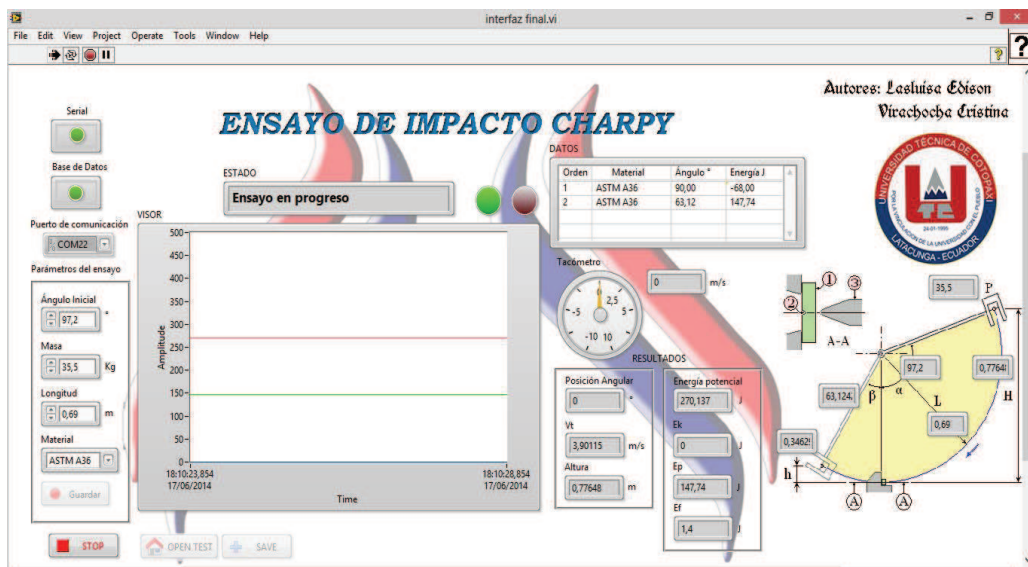


Fuente: Autores

3.9.8.2. Visualización en LabVIEW

En la figura 3.69. Podemos apreciar y visualizar de una mejor manera los resultados de la prueba.

FIGURA 3. 69. VISUALIZACIÓN EN LABVIEW



Fuente: Autores

3.10. CONCLUSIONES

- ✓ La importancia de realizar un ensayo Charpy, es la de comprobar si una máquina o estructura fallará por impacto.
- ✓ En un material cuando mayor sea la fragilidad y menor su tenacidad más fácilmente romperá el péndulo la probeta, y menor será la energía consumida tras el impacto.
- ✓ Los materiales utilizados tienen diferentes resiliencias, por lo que se puede dar cuenta que cada material tiene un diferente grado de resistencia al impacto, el acero es el material que mayor resistencia tiene.
- ✓ El aluminio tienen una baja resistencia por lo que se los considera como materiales más suaves.
- ✓ En la máquina de ensayo Charpy se pueden realizar varias pruebas en cualquier tipo de materiales.
- ✓ Las pruebas Charpy son importantes para conocer el comportamiento de los materiales frente a la fractura.
- ✓ En este tipo de ensayo, es importante tener en cuenta la temperatura del ambiente en el que se encuentre el material, ya que su comportamiento puede variar dependiendo de ésta y así no cometer los errores expuestos anteriormente.

3.11. RECOMENDACIONES

- ✓ Las probetas tienen que estar bien mecanizadas y con las medidas establecidas por la norma ASTM E-23, para que los resultados no varíen, ya que de esto también dependen los resultados.
- ✓ Se puede ensayar con varias probetas en este tipo de ensayos, con el fin de obtener mayor información y así un mejor respaldo experimental.
- ✓ Es primordial tomar en cuenta la temperatura del ambiente en el que se encuentre el material, ya que su comportamiento varía.
- ✓ La muesca en “V” es la más recomendada por la norma ya que se aprecia mejor los resultados.
- ✓ Cuando se diseña una pieza es importante conocer todas las propiedades físicas mecánicas del material, para elegir el indicado dependiendo de las condiciones a que va ser sometido.
- ✓ Es aconsejable tener ciertas medidas de seguridad, por ejemplo una muy importante quitarse de la trayectoria del péndulo, al momento de realizar el ensayo a fin de evitar accidentes.
- ✓ La máquina de Charpy debe tener un anclaje correcto al suelo para evitar pérdidas y obtener datos erróneos.

BIBLIOGRAFÍA:

CITADA

BARROSO HERRERO, S., J., GIL BBERCERO y A., CAMACHO LÓPEZ. 2008. Introducción al conocimiento de los materiales y a sus aplicaciones. [aut. libro] BARROSO HERRERO S., GIL BBERCERO J. y CAMACHO LÓPEZ A. Introducción al conocimiento de los materiales y sus aplicaciones. España : UNED, 2008.

CALLISTER, WILLIAM D. 2002. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. España : Editorial Reverte S. A., 2002.

DOMINGO PEÑA, J., y otros. 2003. Introducción a los autómatas programables. Aragón : Editorial UOC, 2003.

GÓMEZ, SIMÓN MILLÁN. 2012. Metrología y ensayos. Metrología y ensayos. Madrid : Paraninfo, 2012.

HALL, A. 1971. Diseño de Maquinas . México : Mc Graw Hill, 1971.

HIBBELER, R. C. 2006. Mecánica de Materiales. Mecánica de Materiales. México : Pearson Educación, 2006.

Marks. 1999. Manual del Ingeniero Mecánico. México : McGraw Hill Book Company, 1999.

Mischke, Shigley y. 1993. Diseño en Ingeniería Mecánica . México : Mc Graw Hill, 1993.

NÚÑEZ, C., ROCA, A. y JORBA, J. 2004. Comportamiento Mecánico de los Materiales. Comportamiento Mecánico de los Materiales. España : Gráficas Rey S.L., 2004.

ORTEGA, Manuel R. 1989-2006. Lecciones de Física. s.l. : Momytex, 1989-2006.

SHIGLEY, MISCHKE Ch Y. 1993. Diseño de Ingeniería Mecánica . México : Mc Graw Hill, 1993.

SHIGLEY, Y . MISCHKE, CH. 1993. Diseño en Ingeniería Mecánica. México : Mc Graw Hill, 1993.

STIOPIN, P. 1976. Resistencia de Materiales. Moscú : MIR, 1976.

TEDESCO, CARLOS F. 2011. Ascensores electrónicos y variadores de velocidad. Buenos Aires : Alsina, 2011.

VALLEJO, ZAMBRANO. 2006. Física Vectorial 2. Quito : RODIN León, 2006.

CITADA ELECTRONICA

Electronica estudio. Electronicaestudio.com. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2014.] <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>.

Sanchez Sergio. Microcontroladores y sus aplicaciones. [En línea] [Citado el: 01 de 06 de 2014.] <http://microcontroladoresesv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>.

2008. scribd. [En línea] 2008. [Citado el: 12 de Marzo de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/104918936/ENSAYO-DE-MATERIALES-docx>.

2009. slideshare. [En línea] 23 de 10 de 2009. [Citado el: 23 de Marzo de 2014.] http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/palmira/5000155/lecciones/lec2/2_7.htm#RIGIDEZ.

2009. slideshare. [En línea] 14 de Julio de 2009. [Citado el: 01 de Abril de 2014.] <http://www.slideshare.net/diegodehesa/propiedades-de-los-materiales-tnicas-y-medida-de-ensayo-de-las-propiedades> .

2010. Slideshare. [En línea] 13 de Mayo de 2010. [Citado el: 03 de Abril de 2014.] <http://www.slideshare.net/lmggr/propiedades-tecnologicas-materiales> .

2009. ingpuc. [En línea] 26 de Noviembre de 2009. [Citado el: 30 de Abril de 2014.] http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf .

2010. Astm. [En línea] 15 de Junio de 2010. [Citado el: 20 de Abril de 2014.] <http://www.astm.org/Standards/E23.htm> .

BALCELLS, JOSEP, ROMERAL, JOSÉ L. y ROMERAL MARTINEZ, JOSÉ L. 1997. Automatas programables. Barcelona (España) : Marcombo, 1997.

2011. Bayamon. [En línea] 14 de Julio de 2011. [Citado el: 26 de Abril de 2014.] <http://facultad.bayamon.inter.edu/arincon/encoderincrementales.pdf> .

2011. Scribd. [En línea] 26 de Diciembre de 2011. [Citado el: 18 de Abril de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/86534496/Ensayo-de-impacto> .

2013. ingeniatic. [En línea] 12 de Marzo de 2013. [Citado el: 22 de Abril de 2014.] <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/425-conversor-anal%C3%B3gico-digital> .

2013. Slideshare. [En línea] 15 de Enero de 2013. [Citado el: 16 de Abril de 2014.] <http://www.slideshare.net/daironalexiscarrenorodriguez/ensayos-mecanicos>

CONSULTADA

BALCELLS, JOSEP, ROMERAL, JOSÉ L. y ROMERAL MARTINEZ, JOSÉ L. 1997. Autómatas programables. Barcelona (España) : Marcombo, 1997.

BARROSO HERRERO, S., J., GIL BBERCERO y A., CAMACHO LÓPEZ. 2008. Introducción al conocimiento de los materiales y a sus aplicaciones. [aut. libro] BARROSO HERRERO S., GIL BBERCERO J. y CAMACHO LÓPEZ A. Introducción al conocimiento de los materiales y sus aplicaciones. España : UNED, 2008.

CALLISTER, WILLIAM D. 2002. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. España : Editorial Reverte S. A., 2002.

DOMINGO PEÑA, J., y otros. 2003. Introducción a los autómatas programables. Aragón : Editorial UOC, 2003.

DEUTSCHMAN, A.: Diseño de máquinas, Cecs, México, 1991

GÓMEZ, SIMÓN MILLÁN. 2012. Metrología y ensayos. Metrología y ensayos. Madrid : Paraninfo, 2012.

HALL, A. 1971. Diseño de Maquinas . México : Mc Graw Hill, 1971.

HIBBELER, R. C. 2006. Mecánica de Materiales. Mecánica de Materiales. México : Pearson Educación, 2006.

LAIBLE, J. P.: Análisis estructural, Mc GRAW HILL, México, 1992

MARKS. 1999. Manual del Ingeniero Mecánico. México : McGraw Hill Book Company, 1999.

MISCHKE, SHIGLEY Y. 1993. Diseño en Ingeniería Mecánica . México : Mc Graw Hill, 1993.

MOTT, ROBERT L., Diseño de elementos de máquinas, 4 ED., Prentice Hall México, 2006

MERIAM, J. L.: Dinámica, México, 1972

NÚÑEZ, C., ROCA, A. y JORBA, J. 2004. Comportamiento Mecánico de los Materiales. Comportamiento Mecánico de los Materiales. España : Gráficas Rey S.L., 2004.

ORTEGA, Manuel R. 1989-2006. Lecciones de Física. s.l. : Monytex, 1989-2006.

SHIGLEY, Y., MISCHKE, CH.: Diseño en Ingeniería Mecánica, Mc GRAW HILL, México, 1993

SHIGLEY, MISCHKE Ch Y. 1993. Diseño de Ingeniería Mecánica . México : Mc Graw Hill, 1993.

STIOPIN, P. 1976. Resistencia de Materiales. Moscú : MIR, 1976.

TEDESCO, CARLOS F. 2011. Ascensores electrónicos y variadores de velocidad. Buenos Aires : Alsina, 2011.

VALLEJO, ZAMBRANO. 2006. Física Vectorial 2. Quito : RODIN León, 2006.

ELECTRÓNICA CONSULTADA

Electronica estudio. Electronicaestudio.com. [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2014.] <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>.

Sanchez Sergio. Microcontroladores y sus aplicaciones. [En línea] [Citado el: 01 de 06 de 2014.] <http://microcontroladoresesv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>.

2008. scribd. [En línea] 2008. [Citado el: 12 de Marzo de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/104918936/ENSAYO-DE-MATERIALES-docx>.

2009. slideshare. [En línea] 23 de 10 de 2009. [Citado el: 23 de Marzo de 2014.] http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/palmira/5000155/lecciones/lec2/2_7.htm#RIGIDEZ.

2009. slideshare. [En línea] 14 de Julio de 2009. [Citado el: 01 de Abril de 2014.] <http://www.slideshare.net/diegodehesa/propiedades-de-los-materiales-tnicas-y-medida-de-ensayo-de-las-propiedades> .

2009. ingpuc. [En línea] 26 de Noviembre de 2009. [Citado el: 30 de Abril de 2014.] http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf .

2010. Slideshare. [En línea] 13 de Mayo de 2010. [Citado el: 03 de Abril de 2014.] <http://www.slideshare.net/lmggr/propiedades-tecnologicas-materiales> .

2010. Astm. [En línea] 15 de Junio de 2010. [Citado el: 20 de Abril de 2014.] <http://www.astm.org/Standards/E23.htm> .

2011. Bayamon. [En línea] 14 de Julio de 2011. [Citado el: 26 de Abril de 2014.] <http://facultad.bayamon.inter.edu/arincon/encoderincrementales.pdf> .

2011. Scribd. [En línea] 26 de Diciembre de 2011. [Citado el: 18 de Abril de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/86534496/Ensayo-de-impacto> .

2013. Slideshare. [En línea] 15 de Enero de 2013. [Citado el: 16 de Abril de 2014.] <http://www.slideshare.net/daironalexiscarrenorodriguez/ensayos-mecanicos>.

2013. ingeniatic. [En línea] 12 de Marzo de 2013. [Citado el: 22 de Abril de 2014.] <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/425-conversor-anal%C3%B3gico-digital> .

NORMAS

INEN: Código – Norma 130,

Quito - Ecuador, 1989

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM):

Normas de ensayos de Materiales,

ANEXOS

ANEXO A: Tablas utilizadas en los cálculos de diseño.

ANEXO B: Glosario.

ANEXO C: Manual de funcionamiento y mantenimiento

ANEXO D: Programación PIC.

ANEXO E: Pruebas

ANEXO F: Planos

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	1-18
---------	-----------------------------------	------

Anexo 1. RESISTENCIAS MÍNIMAS A LA TENSIÓN Y LA FLUENCIA ASTM

Tabla A-20
Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD)

1	2	3	4	5	6
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	86
		CD	330 (48)	280 (41)	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	95
		CD	370 (53)	300 (44)	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	101
		CD	390 (56)	320 (47)	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	116
		CD	440 (64)	370 (54)	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	111
		CD	470 (68)	390 (57)	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	137
		CD	520 (76)	440 (64)	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	143
		CD	550 (80)	460 (67)	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	149
		CD	590 (85)	490 (71)	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	163
		CD	630 (91)	530 (77)	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	179
		CD	690 (100)	580 (84)	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	248

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	2-18
---------	-----------------------------------	------

Anexo 2. FACTOR DE CONDICIÓN SUPERFICIAL PARA FATIGA

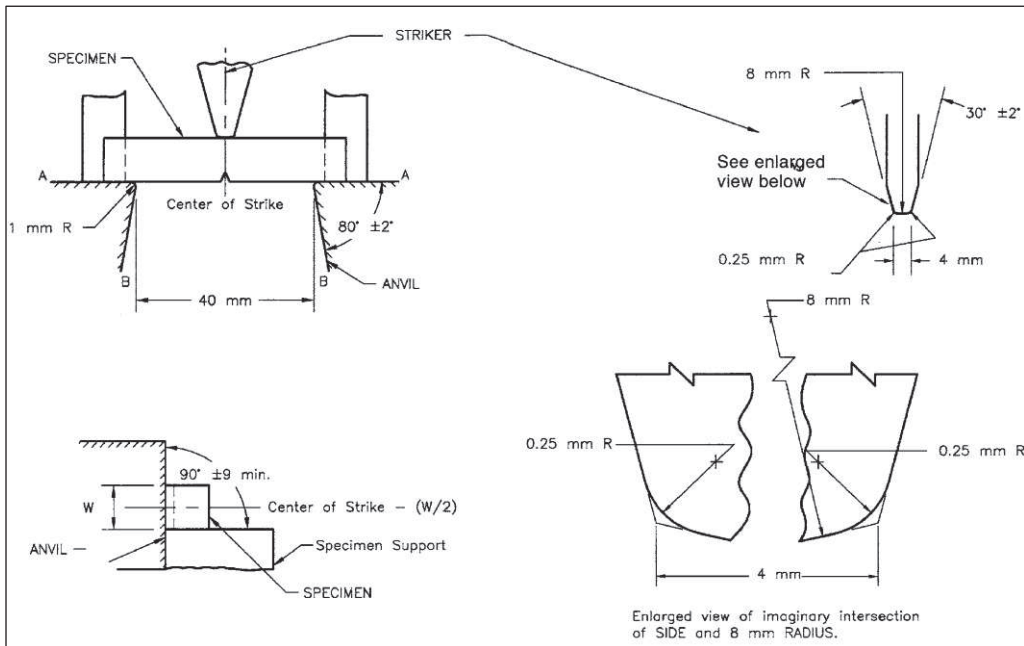
Tabla 6-2
Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ur} kpsi	S_{ur} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Harger (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Anexo 3. DIMENSIONES DEL PERCUTOR CHARPY



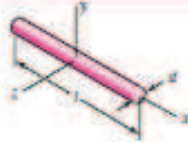
Fuente: Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials, Norma ASTM

Anexo 4. RESISTENCIAS MÍNIMAS A LA TENSIÓN Y LA FLUENCIA ASTM

Tabla A-18
Propiedades
geométricas
(continuación)

Parte 2 Propiedades de sólidos (ρ = densidad, peso por unidad de volumen)

Varillas



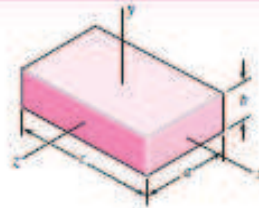
$$m = \frac{\pi d^2 l \rho}{4g} \quad I_y = I_z = \frac{m l^2}{12}$$

Discos redondos



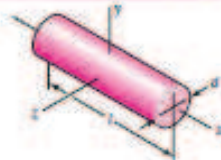
$$m = \frac{\pi d^2 t \rho}{4g} \quad I_x = \frac{m d^2}{8} \quad I_y = I_z = \frac{m d^2}{16}$$

Prismas rectangulares



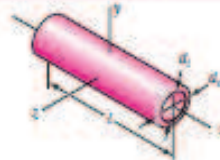
$$m = \frac{abc \rho}{g} \quad I_x = \frac{m}{12}(a^2 + b^2) \quad I_y = \frac{m}{12}(a^2 + c^2) \quad I_z = \frac{m}{12}(b^2 + c^2)$$

Cilindros



$$m = \frac{\pi d^2 l \rho}{4g} \quad I_x = \frac{m d^2}{8} \quad I_y = I_z = \frac{m}{48}(3d^2 + 4l^2)$$

Cilindros huecos



$$m = \frac{\pi (d_o^2 - d_i^2) l \rho}{4g} \quad I_x = \frac{m}{8} (d_o^2 + d_i^2) \quad I_y = I_z = \frac{m}{48} (3d_o^2 + 3d_i^2 + 4l^2)$$

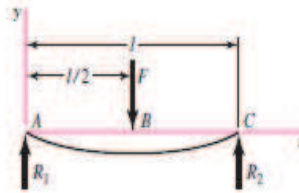
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Anexo 5. DIAGRAMA DE CORTANTE Y FLECTOR MÁXIMO PARA UNA VIGA CON APOYOS SIMPLES

Tabla A-9

Cortante, momento y deflexión de vigas (continuación)
(Nota: La fuerza y las reacciones de momento son positivas en las direcciones que se muestran; las ecuaciones de la fuerza cortante V y el momento cortante M siguen las convenciones de signos que se dieron en la sección 3-2.)

5 Apoyos simples: carga central



$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2}$$

$$V_{AB} = R_1 \quad V_{BC} = -R_2$$

$$M_{AB} = \frac{Fx}{2} \quad M_{BC} = \frac{F}{2}(l-x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx}{48EI}(4x^2 - 3l^2)$$

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{48EI}$$



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	6-18
---------	-----------------------------------	------

Anexo 6. ESFUERZOS PERMISIBLES DEL CÓDIGO AISC PARA METAL DE APORTE

Tabla 9-4 Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n^*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_u^†$	

*El factor de seguridad n se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

†El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de $0.40S_u$ del metal base.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	7-18
---------	-----------------------------------	------

Anexo 7. CARGAS CONSTANTES PERMISIBLES Y TAMAÑOS MÍNIMOS DE SOLDADURA DE FILETE

Tabla 9-6
Cargas constantes permisibles y tamaños mínimos de soldadura de filete

Nivel de resistencia del metal de aporte (EXX)							
	60*	70*	80	90*	100	110*	120
Esfuerzo cortante permisible en la garganta, ksi (1 000 psi) de soldadura de filete o soldadura de muesca con penetración parcial							
$\tau =$	18.0	21.0	24.0	27.0	30.0	33.0	36.0
Fuerza unitaria permisible en soldadura de filete, kip/pulg lineal							
$t_f =$	12.73h	14.85h	16.97h	19.09h	21.21h	23.33h	25.45h
Tamaño del cateto h, pulg	Fuerza unitaria permisible para varios tamaños de soldaduras de filete kip/pulg lineal						
3/16	2.39	2.78	3.18	3.58	3.98	4.38	4.77

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

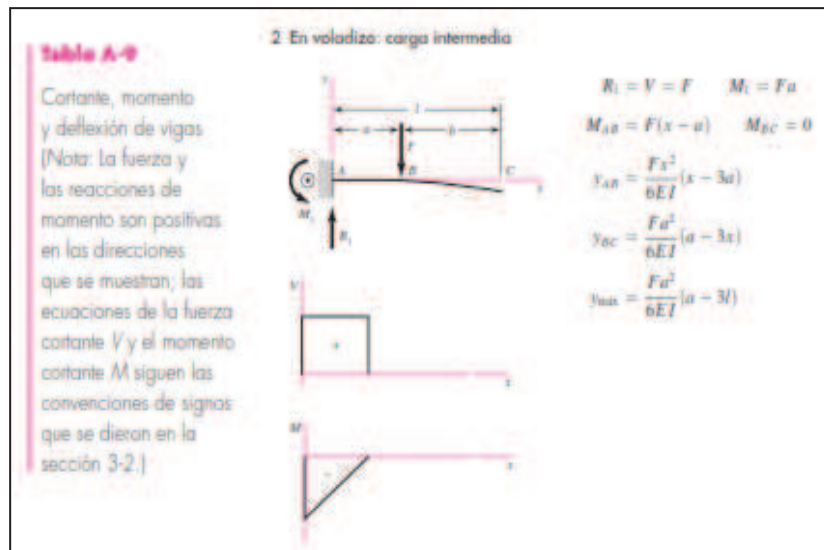
ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	8-18
----------------	--	-------------

Anexo 8. FACTOR DE CARGA

Tabla 11-5	Tipo de aplicación	Factor de carga
Factores de aplicación de carga	Engranajes de precisión	1.0-1.1
	Engranajes comerciales	1.1-1.3
	Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes	1.2
	Maquinaria sin impactos	1.0-1.2
	Maquinaria con impactos ligeros	1.2-1.5
	Maquinaria con impactos moderados	1.5-3.0

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

**Anexo 9. DIAGRAMA DE CORTANTE Y FLECTOR MÁXIMO PARA UNA
VIGA EN VOLADIZO**



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	10-1
----------------	--	-------------

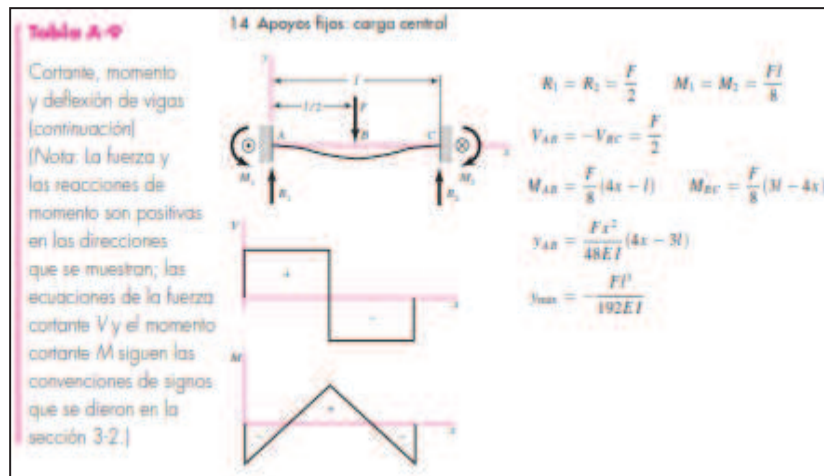
Anexo 10. PROPIEDADES MECÁNICAS DE ACEROS ESTRUCTURALES

**Normas Americanas ASTM
Propiedades Mecánicas**

DESIGNACION ASTM	Grade	Lim. elástico (N/mm)	Resist. a Tracción (Rm)	Alargamiento (Min)		Resiliencia (Min)	
		Min MPa.	Mpa.	%		C°	J
				8"	2"		
A36 / A 36M - 94	-	250	400 - 550	20	23	-	-
A 283 / A 283M - 93	C	205	380 - 515	22	25	-	-
A 529 / A 529M - 94	50	345	485 - 690	18	21	-	-
A 573 / A 573M - 93	70	290	485 - 620	18	21	-	-

Fuente: McCormac. Diseño de Estructuras de Acero


Anexo 11. DIAGRAMA DE CORTANTE Y FLECTOR MÁXIMO PARA UNA VIGA CON APOYOS SIMPLES



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	12-18
----------------	--	--------------

Anexo 12. ESFUERZO CORTANTE PARA UNA SECCIÓN RECTANGULAR

Tabla 3-2	Forma de la viga	Fórmula
Fórmulas del esfuerzo cortante máximo debido a flexión	 Rectangular	$\tau_{\max} = \frac{3V}{2A}$

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

Anexo 13. LONGITUD EFECTIVA DE COLUMNAS

LONGITUDES EFECTIVAS DE COLUMNAS						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales:	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidos	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		

Fuente: McCormac Jack. Diseño de estructuras de Acero

Anexo 14. CONSTANTES FÍSICAS DE LOS MATERIALES

Tabla A-5
Constantes físicas de materiales

Material	Módulo de elasticidad E		Módulo de rigidez G		Relación de Poisson ν	Peso específico w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/pulg ³	lbf/ft ³	kN/m ³
Abeto Douglas	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Acero al carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Plata niquelada	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

ANEXO A	Tablas utilizadas en los cálculos	15-18
----------------	--	--------------

Anexo 15. ACERO ASTM A500

Propiedades mecánicas						
Norma Americana						
Norma ASTM A 500 Grado del Acero	Propiedades Mecánicas (mínimas)					% Elong
	Limite de Fluencia Mpa (Kg/cm ²)	Limite de Fluencia psi	Resistencia a la Tracción Mpa (Kg/cm ²)	Resistencia a la Tracción psi		
Circular	A	228 (2.320)	33,000	310 (3.170)	45,000	25
	B	290 (2.955)	42,000	400 (4.080)	58,000	23
	C	317 (3.230)	46,000	427 (4.360)	62,000	21(*)
Cuadrado y rectangular	A	269 (2.740)	39,000	310 (3.170)	45,000	25
	B	317 (3.230)	46,000	400 (4.080)	58,000	23
	C	345 (3.515)	50,000	427 (4.360)	62,000	21(*)

(*) Para espesores menores a 3.00 mm, el valor mínimo de elongación garantizado es de 15%

Fuente: Industrias Union C.A; Tubac S.A (Guatemala)

ANEXO A

Tablas utilizadas en los
cálculos

16-18

Anexo 16. TABLA DE χ^2 - CUADRADOPercentiles de la distribución χ^2 - cuadrado con n grados de libertad.Los tres últimos valores del primer renglón están en notación abreviada. Por ejemplo, si $n = 1$, entonces $\chi^2_{0.005} = 3.9271\text{E}-5$ significa $3.9271 \times 10^{-5} = 0.000039271$.

n	$\chi^2_{0.995}$	$\chi^2_{0.990}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.950}$	$\chi^2_{0.900}$	$\chi^2_{0.800}$	$\chi^2_{0.700}$	$\chi^2_{0.600}$	$\chi^2_{0.500}$	$\chi^2_{0.400}$
1	7.8793998	6.6348913	5.0239026	3.8414553	2.7055406	0.0157907	0.0039322	9.8207E-4	1.5709E-4	3.9271E-5
2	10.596530	9.2103510	7.3777791	5.9914764	4.6051761	0.2107208	0.1025862	0.0506357	0.0201004	0.0100247
3	12.838073	11.344882	9.3484040	7.8147247	6.2513945	0.5843755	0.3518460	0.2157949	0.1148316	0.0717235
4	14.860166	13.276699	11.143262	9.4877285	7.7794340	1.0636243	0.7107241	0.4844190	0.2971068	0.2069636
5	16.749648	15.086317	12.832492	11.070483	9.2363491	1.6103091	1.1454773	0.6312089	0.5542969	0.4117508
6	18.547513	16.811872	14.449355	12.591577	10.644637	2.2041303	1.6353805	1.2373419	0.8720833	0.6757334
7	20.277738	18.475324	16.012774	14.067127	12.017031	2.8331052	2.1673492	1.6896640	1.2399317	0.9892509
8	21.954861	20.090159	17.534545	15.507312	13.361562	3.4895374	2.7326326	2.1797247	1.6465062	1.3444027
9	23.589275	21.666048	19.022778	16.918960	14.683663	4.1681557	3.3251151	2.7003887	2.0878894	1.7349114
10	25.188055	23.209287	20.483201	18.307029	15.987175	4.8651783	3.9402953	3.2469635	2.5581988	2.1558454
11	26.756864	24.725022	21.920023	19.675153	17.275007	5.5777883	4.5748090	3.8157424	3.0534957	2.6032019
12	28.299660	26.216964	23.336660	21.026055	18.549340	6.3037959	5.2260377	4.4037775	3.5705513	3.0737850
13	29.819318	27.688184	24.735581	22.362027	19.811933	7.0414997	5.8918606	5.0087376	4.1068996	3.5650420
14	31.319425	29.141163	26.118935	23.684782	21.064141	7.7895377	6.5706316	5.6287238	4.6604155	4.0746588
15	32.801491	30.577951	27.488365	24.995797	22.307121	8.5467531	7.2609348	6.2621229	5.2293559	4.6008741
16	34.267053	31.999861	28.845325	26.296221	23.541821	9.3122353	7.9616386	6.9076641	5.8121968	5.1421643
17	35.718378	33.408717	30.190983	27.587100	24.769028	10.085183	8.6717536	7.5641786	6.4077420	5.6972737
18	37.156386	34.805237	31.526410	28.869321	25.989418	10.864937	9.3904479	8.2307372	7.0149034	6.2647659
19	38.582122	36.190775	32.852337	30.143505	27.203585	11.650912	10.117006	8.9065144	7.6326976	6.8439333
20	39.996856	37.566272	34.169581	31.410420	28.411970	12.442601	10.850799	9.5907725	8.2603684	7.4338114
21	41.400943	38.932232	35.478856	32.670558	29.615086	13.219596	11.591316	10.282907	8.8971724	8.0336021
22	42.795664	40.289448	36.780678	33.924460	30.813285	14.041490	12.338009	10.982330	9.5424944	8.6426806
23	44.181385	41.638334	38.075609	35.172460	32.006890	14.847954	13.090505	11.688534	10.195689	9.2603831
24	45.558363	42.979781	39.364060	36.415026	33.196235	15.658679	13.848422	12.401146	10.856349	9.8861987
25	46.927966	44.314014	40.646498	37.652489	34.381583	16.473405	14.611396	13.119707	11.523951	10.519647
26	48.289777	45.641636	41.923138	38.885130	35.563164	17.291880	15.379163	13.843881	12.198177	11.160218
27	49.645035	46.962837	43.194521	40.113266	36.741228	18.113889	16.151395	14.573373	12.878468	11.807655
28	50.993559	48.278166	44.460790	41.337152	37.915907	18.939235	16.927876	15.307854	13.564666	12.461281
29	52.335495	49.587829	45.722279	42.556948	39.087475	19.767740	17.708381	16.047051	14.256406	13.121067
30	53.671868	50.892181	46.979218	43.772954	40.256017	20.599245	18.492667	16.790756	14.953464	13.786682
40	66.766047	63.690771	59.341679	55.758487	51.805044	29.050516	26.509296	24.433058	22.164201	20.706577
50	79.489639	76.153802	71.420194	67.504805	63.167113	37.688637	34.764236	32.357385	29.706725	27.990825
60	91.951806	88.379430	83.297706	79.081954	74.396999	46.458885	43.187966	40.481707	37.484796	35.534397
70	104.21477	100.42505	95.023149	90.531262	85.527036	55.328945	51.739263	48.757536	45.441700	43.275305
80	116.32093	112.32879	106.62854	101.87947	96.578196	64.277842	60.391459	57.153152	53.539963	51.171933
90	128.29868	124.11620	118.13591	113.14523	107.56501	73.291079	69.126018	65.646592	61.754019	59.196327
100	140.16971	135.80689	129.56125	124.34210	118.49800	82.358127	77.929442	74.221882	70.064995	67.327533
120	163.64848	158.95003	152.21133	146.56731	140.23256	100.62363	95.704619	91.572601	86.923311	83.851714
150	198.35987	193.20750	185.00037	179.58061	172.58118	128.27504	122.69177	117.98457	112.66757	109.14232
200	255.26380	249.44517	241.05784	233.99422	226.02104	174.83527	168.27855	162.72801	156.43215	152.24084
500	583.20597	576.49314	563.85137	553.12686	540.93029	459.92609	449.14671	439.93601	429.38739	422.30340
600	692.98094	683.51546	669.78903	658.09357	644.80042	556.05603	544.18009	534.01854	523.36536	514.52854
700	800.13079	789.97352	775.21048	762.66072	748.35907	652.49732	639.61306	628.57702	615.90736	607.37932
800	906.78634	895.98408	880.27534	866.91130	851.67119	749.18520	735.36239	723.51250	709.89695	700.72547

Fuente: estadisticaorquestainstrumento

Anexo 17. DENSIDAD E UN CUERPO

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:
 ρ = densidad
 m = masa
 v = volumen

Despejando tenemos

Para el volumen

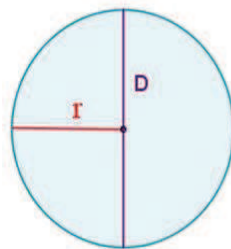
$$v = \frac{m}{\rho}$$

Para la masa

$$m = \rho * v$$

Fuente: universoformulas

Anexo 17. AREA DE LA CIRCUNFERENCIA

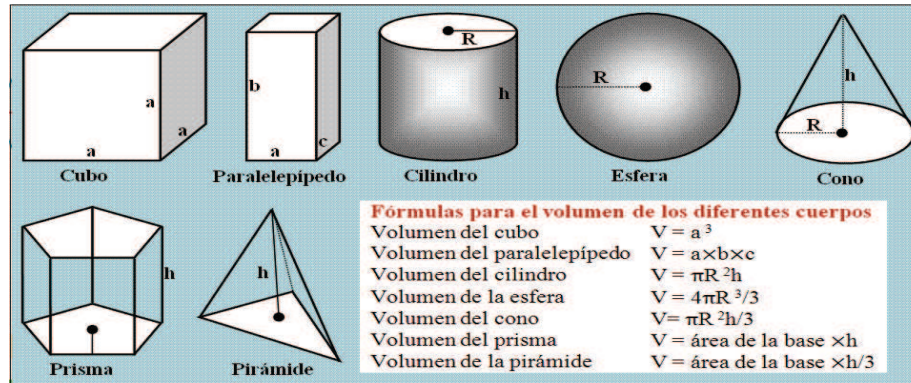


$$\text{Área} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

siendo r el radio y D el diámetro del círculo

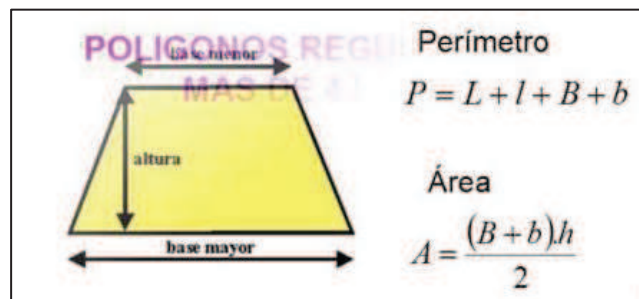
Fuente: universoformulas

Anexo 17. VOLUMEN DE DIFERENTES CUERPOS



Fuente: universoformulas

Anexo 17. ÁREA Y PERÍMETRO DEL TRAPECIO



Fuente: universoformulas

ANEXO B	Glosario	1-2
<p>Rigidez.- Es la capacidad de un elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones y/o desplazamientos.</p> <p>Inercia.- Tendencia de los cuerpos a oponerse a cualquier cambio de su estado de reposo o movimiento.</p> <p>Inferir.- Sacar una conclusión por medio de un razonamiento, a partir de una situación anterior o de un principio general.</p> <p>Estricción.- Disminución de una sección de un cuerpo sometido a un esfuerzo de tracción.</p> <p>Fatiga.- Disminución de la resistencia a la rotura de un material elástico sometido a la acción de tensiones variables inferiores al límite aparente de elasticidad.</p> <p>Intrínseco.- Que es propio o característico de una cosa por sí misma y no por causas exteriores.</p> <p>Probeta.- Muestra estandarizada, del material a ser ensayado.</p> <p>Frágil.- Que se rompe o quiebra con facilidad.</p> <p>Dúctil.- Que puede deformarse, moldearse, malearse o extenderse con facilidad.</p> <p>Energía Cinética.- La que posee cualquier cuerpo por su movimiento.</p> <p>Energía Residual.- es en física la energía más baja que un sistema físico mecano-cuántico puede poseer.</p> <p>Modularidad.- es la capacidad que tiene un sistema de ser estudiado, visto o entendido como la unión de varias partes que interactúan entre sí y que trabajan para alcanzar un objetivo común, realizando cada una de ellas una tarea necesaria para la consecución de dicho objetivo.</p>		

ANEXO B	Glosario	2-2
<p>Monocromo.- Puede indicar que se tiene un solo color que está encendido o apagado o también que tiene tonos intermedios, por lo que tiene la misma ambigüedad que blanco y negro.</p> <p>Analógico.- Aquellos que dan como salida un valor de tensión o corriente variable en forma continua dentro del campo de medida.</p> <p>Digitales.- Son aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulsos o en forma de una palabra digital codificada en binario, BCD u otro sistema cualquiera.</p> <p>Sensor.- traduce la información que le llega del exterior en un impulso eléctrico, normalmente digital.</p> <p>Simetría.- Es un rasgo característico de formas geométricas, sistemas, ecuaciones y otros objetos materiales, o entidades abstractas, relacionada con su invariancia bajo ciertas transformaciones, movimientos o intercambios.</p> <p>Flexión.- Tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras.</p> <p>Sujeción.- Fijación o sustentación de algo.</p> <p>Muesca.- Hueco estrecho y alargado que se hace en una cosa para introducir o encajar otra.</p> <p>Fluencia.- Es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.</p>		

ANEXO C	Manual de funcionamiento de la máquina	1-6
<p style="text-align: center;">INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD DURANTE EL ENSAYO</p> <p>Este tipo de máquina es de uso manual, lo que quiere decir que no existen peligros eléctricos, ni magnéticos.</p> <p>El principal peligro es mecánico ya que el peso del péndulo en movimiento podría producir severas lesiones si alguna persona se cruza en la trayectoria de caída del péndulo este podría ser golpeado, por lo que se recomienda tomar las debidas instrucciones antes del uso de la máquina.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La máquina deberá encontrarse en reposo lo que quiere decir, que el péndulo de la máquina estará hacia abajo fuera del soporte, para evitar que pueda soltarse y pueda ocasionar daño si alguien se encuentra cercano a la máquina. - Las personas que manipulen la máquina deben evitar localizarse en la zona de recorrido del péndulo cuando se efectuó el ensayo. <i>Es decir, la zona de peligro de la máquina, es la zona de trayectoria del péndulo.</i> <p>1. Operación del Sistema.</p> <p>Para operar el sistema se debe tener en cuenta el siguiente procedimiento. Tratando de cumplir a cabalidad cada uno de los pasos, para tener un desarrollo con normalidad del sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Verificar las conexiones eléctricas del encoder incremental en el tablero eléctrico. ● Conectar el tablero de control a la fuente de alimentación de 110V. <p>Verificar la existencia del terminal de conexión bluetooth en la PC, donde se</p>		

ANEXO C	Manual de funcionamiento de la máquina	2-6
<ul style="list-style-type: none"> • ejecutará la aplicación. • Verificar el emparejamiento entre terminal bluetooth del control y la PC. • Ejecutar la aplicación desarrollada en LabVIEW. • Ubicar el péndulo en su posición inicial. • Retirar el pasador de seguridad, soltando de esta manera el péndulo. • Iniciar la prueba en vacío, para determinar la energía perdida por el mecanismo y otros factores del sistema. • Ubicar la probeta en el dispositivo de centrado para el ensayo de impacto. • En el software desarrollado se debe colocar el nombre del material ensayado, el ángulo inicial, la longitud y masa del brazo. Los datos se almacenarán automáticamente en dispositivo remoto de control. • Retirar el pasador de seguridad, soltando de esta manera el péndulo. • El péndulo se encontrara oscilando esperar q tome su posición de reposo para recoger la probeta a prueba. • Visualizar los datos • Al terminar el ensayo en el software se tiene dos opciones en el programa las cuales son: prueba en vacío, almacenar datos. • Al pulsar el botón prueba en vacío, se determinará las perdidas energéticas del ensayo por fricción, o al activar almacenar datos se ingresara los resultados a una base de datos desde LabVIEW. <p>Si sigue a cabalidad la guía indicada estará garantizando el buen funcionamiento del sistema y con ello se alargara la vida útil del mecanismo. Además de lo mencionado los datos adquiridos serán de gran confiabilidad.</p>		

ANEXO C	Manual de funcionamiento de la máquina	3-6
----------------	---	------------

CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINA CHARPY

PÉNDULO CHARPY	
Energía o capacidad de Impacto	302.18 J
Velocidad de Impacto	4.13 m/s
Tipo de lectura	Digital
Resolución de la Lectura	
Normas utilizadas	ASTM E-23 / INEN 130
ACCIONAMIENTO MANUAL	
Elevación	Levantamiento del péndulo manualmente
ACCESORIOS	
Probeta de Impacto Comprobador de centrado de probeta	
DIMENSIONES	
Base	1.2 x 0.73 m
Altura	1.3 m
Longitud del péndulo	0.98 m
Peso de la masa del péndulo	35.5 Kg.
Peso máquina	271.1Kg.

Realizado por: Autores

MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

2. Generalidades.

El mantenimiento en las máquinas, se refiere a la conservación, observación y cuidado requeridos para evitar fallos no programados, y efectuar su reparación de la manera más ágil posible.

Al llevar a cabo un adecuado mantenimiento en la máquina, se evita la pérdida de tiempo y dinero, causado por un paro prolongado de la máquina al reparar o adquirir repuestos costosos, mejorando de esta manera la funcionalidad y fiabilidad de la misma.

ANEXO C	Manual de funcionamiento de la máquina	4-6
----------------	---	------------

Para la maquina implementada en el laboratorio se considera factible realizar un preventivo, para satisfacer las condiciones planteadas. Un mantenimiento preventivo básicamente consiste en la programación de revisiones con la frecuencia adecuada en la máquina. Para está máquina se desarrolló un plan general, donde se realizarán las acciones necesarias para su mantenimiento.

3. Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico.

El sistema eléctrico y electrónico de la máquina de ensayo, posee dispositivos frágiles que pude estar expuestos a sobrecargas, golpes y mala manipulación por parte del operador, por ello es recomendable seguir el siguiente plan de mantenimiento:

Tabla 1: Mantenimiento del sistema eléctrico y electrónico.

Actividades de mantenimiento del sistema de eléctrico y electrónico			
Equipo.	Actividad.	Frecuencia.	Responsable.
Conexiones	Verificar las soldaduras de cada uno de los cables.	Anual	Técnico
	Verificar que los cables no estén pelados	Anual	Técnico
Fuente de voltaje	Verificar los voltajes de salida si existe un voltaje no indicado no realizar ensayos.	Antes de cada práctica	Técnico.
	Revisar posibles sobrecalentamientos en el transformador	Después de cada práctica	Técnico
Circuito auxiliar de mando	Revisar sobrecalentamiento en disipadores de los reguladores. voltaje.	Antes de cada práctica	Técnico

Realizado por: Autores

ANEXO C	Manual de funcionamiento de la máquina	5-6
<p data-bbox="363 434 1355 465">3.1. Precauciones de montaje del sistema eléctrico y electrónico.</p> <p data-bbox="422 488 1355 573">Durante el montaje del sistema eléctrico y electrónico se debe tener las siguientes precauciones.</p> <ul data-bbox="325 654 1355 965" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="325 654 1355 741">• Las soldaduras con estaño en los circuitos deben estar bien hechas de modo que no produzcan cortocircuitos. O funcionamiento erróneo del circuito. <li data-bbox="325 763 1355 851">• A la hora de hacer las conexiones se debe tener en cuenta los colores de cable asignados a cada señal del encoder. <li data-bbox="325 873 1355 965">• Una vez realizado todas las conexiones se debe verificar la continuidad en cada uno de los cables. <p data-bbox="316 1043 1067 1075">4. Mantenimiento y lubricación del sistema mecánico.</p> <p data-bbox="363 1097 871 1128">4.1. Instrucciones de mantenimiento.</p> <p data-bbox="316 1184 1355 1382">Mantenimiento de los elementos fundamentales de la máquina, en base a las exigencias de las normas pertinentes y al conocimiento de la máquina con su respectivo historial de funcionamiento. Se presenta el siguiente plan de mantenimiento (NORMA ASTM E23):</p>		

ANEXO C	Manual de funcionamiento de la máquina	6-6
----------------	---	------------

Tabla 2: Actividades de mantenimiento para la máquina.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO DE LOS ELEMENTO FUNDAMENTALES DE LA MÁQUINA			
Elemento.	Actividad.	Frecuencia.	Responsable.
Eje	Limpieza	Mensual	Técnico
	Nivel	Anual	Técnico
Buje	Limpieza	Mensual	Técnico
Yunque	Revisión de daños y desgastes, causados por el impacto	Anual	Técnico
	Revisar su ajuste a la base	Anual	Técnico
Percutor	Revisión de daños y desgastes, causados por el impacto.	Anual	Técnico
Caja digitalización	Revisar la posición del	Antes de cada ensayo	Técnico
Péndulo	Considerar la posición del péndulo con respecto al yunque, cuando está en su posición libre.	Anual	Técnico
Mecanismo de liberación del Péndulo	Revisar que el seguro, no se trabe y dificulte la liberación del péndulo	Anual	Técnico
Chumaceras	Engrasarlas con grasa WD-40	Anual	Técnico
	Cambio de chumaceras	Según horas de vida de las	Técnico
Pernos	Revisar ajustes de los mismos a las chumaceras y si es necesario	Anual	Técnico

Realizado por: Autores

ANEXO D	Programación Pic	1-16
<pre> #include <18F4620.h> #device adc=16 #FUSES NOWDT //No Watch Dog Timer #FUSES WDT128 //Watch Dog Timer uses 1:128 Post scale #FUSES HS //High speed Osc (>4mhz for PCM/PCH) (>10mhz for PCD) #FUSES H4 //High speed Osc with enabled 4X PLL #FUSES NOMCLR //Master Clear pin used for I/O #FUSES NOBROWNOUT //No brownout reset #FUSES NOLVP //No low voltage priming, B3(PIC16) or B5(PIC18) used for I/O #FUSES NOXINST //Extended set extension and Indexed Addressing mode disabled (Legacy mode) #FUSES NOPBADEN //PORTB pins are configured as digital I/O on RESET #PRIORITY EXT,TIMER0 //Prioridad de Interrupciones #use delay(clock=4000000) //Frecuencia del Oscilador Externo #use rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_A0,rcv=PIN_A1,bits=8,stream=PORT1) //Configuración de la comunicación serial RS-232 #use standard_io(C) //Definición del puerto C en modo estándar #include<hdm.c> //Librería del LCD Gráfico #include<extended_glcd.c> //Librería para manejo de funciones especiales en el GLCD #include<stdlib.h> //Librería para manejo de cadena de caracteres #include<math.h> //Librería para operaciones matemáticas y trigonométricas #include<eeprom.c> //Librería para la lectura y escritura en la memoria eeprom del microcontrolador #define COL0 PIN_D0 //Definición de los pines para el trabajo del teclado matricial #define COL1 PIN_D1 #define COL2 PIN_D2 </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	2-16
<pre> #define COL3 PIN_D3 #define ROW0 PIN_E0 #define ROW1 PIN_E1 #define ROW2 PIN_E2 #define ROW3 PIN_E3 const char KEYS[4][4] = {{'1','2','3','A'}, {'4','5','6','B'}, {'7','8','9','C'}, {'.', '0', '#', 'D'}}; void ingreso(); //Definición de las funciones utilizadas voidmenu_principal(); voidconfiguracion(); voidaplicacion(); void interfaz(); void acerca(); void ayuda(); voidlimpiar(); voiddesactivar(); char teclado_4(int col); chartimed_getc(long time); floatget_dato(unsigned int8 max); void envio_1(signed long num); void envio_2(); void barrido(intposb); #INT_TIMER0 //Función de la interrupción por desbordamiento void TIMER0_isr(void) { set_timer0(15536); //Desbordamiento de timer 10ms } </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	3-16
<pre> temp=pos; //Almacena posición en variable temporal, para evitar datos corruptos debido al salto producido por la interrupción delta=temp-last_pos; //Delta almacena la variación de posición en pulsos de encoder last_pos=temp; //Almacena la última posición del encoder vel=0.048828125*delta;//Calculo de la velocidad en rev/min (Resolución 1024 ppr x2 2048 r.p.m.) } #INT_EXT void EXT_isr(void) { if(input_state(pin_B1)==input_state(pin_B0))pos--; //Compara estados de los sensores desfasados para determinar sentido y posición else pos++; if(i0==0){ ext_int_edge(0, H_TO_L);} //Cambia estado de la interrupción a flanco de bajada else{ ext_int_edge(0, L_TO_H);} //Cambia estado de la interrupción a flanco de subida i0=!i0; //Invierte flanco en la siguiente interrupción } voidmain() { set_tris_D(0x00); //Definición del puerto D como salidas digitales set_tris_E(0xFF); //Definición del puerto E como entradas digitales setup_timer_0(RTCC_INTERNAL RTCC_DIV_1); //Define el timer 0 en modo temporizador con clock interno y divisor pre-escaler 2 ext_int_edge(0, L_TO_H); //El primer flanco de la interrupción se da en flanco de subida </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	4-16
glcd_init(ON);		//Inicialización del LCD Gráfico
for(l=0;l<4;l++) barrido(l);		//Inicialización del teclado 4x4
op_1="TEST"; op_2="RESET"; op_3="SETUP"; op_4="ABOUT"; op_5="SAVE"; op_6="ERASE"; op_7="NEXT"; op_8="BACK"; op_9="START"; op_10="HELP";		//Título del Botón 1 Menú Principal //Título del Botón 2 Menú Principal //Título del Botón 3 Menú Principal //Título del Botón 4 Menú Principal //Título del Botón 1 Pantalla Configuración //Título del Botón 2 Pantalla Configuración //Título del Botón 3 Pantalla Configuración //Título del Botón 4 Pantalla Configuración //Título del Botón 1 Pantalla Aplicación
ti_0="ENSAYO"; ti_1="DE CHARPY"; ti_2="APLICACION"; ti_3="CONFIGURACION"; ti_4="AYUDA"; ti_5="ACERCA DE"; ti_6="MENU:"; ti_7="Opciones:"; ti_8="OPCION:"; ti_9="MAQUINA";		//Título principal del Menú Principal //Título principal de la Pantalla Aplicación //Título principal de la Pantalla Configuración //Título principal de la Pantalla Ayuda //Título principal de la Pantalla Acerca de
m2="ang:"; m3="vel:"; m4="h:";		//Subtítulo 1 Pantalla Aplicación //Subtítulo 2 Pantalla Aplicación //Subtítulo 3 Pantalla Aplicación

ANEXO D	Programación Pic	5-16
<pre> m5="Epg:"; //Subtítulo 4 Pantalla Aplicación m6="Ek:"; //Subtítulo 5 Pantalla Aplicación m7="Ep:"; //Subtítulo 6 Pantalla Aplicación m8="M. del martillo"; m9="Actual: "; m10="Ingrese el dato"; m11="Long. del brazo"; m12="Angulo inicial"; //Mensajes para el Menu Ayuda h_0=" "; h_1="El teclado permite navegar entre menús e ingresar datos"; h_2="Permite realizar y monitorear ensayos de tenacidad."; h_3="Inicia una prueba de tenacidad y activa el rastreo de: "; h_4="Pos. angular"; h_5="Velocidad"; h_6="y energía"; h_7="E. potencial"; h_8="E. cinética"; h_9="E. perdida"; h_10="Detiene el monitoreo y pone a cero todas las variables."; h_11="Permite modificar parámetros del ensayo de charpy como: "; h_12="Establece la masa del martillo para el ensayo en Kilogramos"; h_13="Establece la longitud del péndulo de charpy en Metros"; h_14="Permite guardar un parámetro cuando este es modificado."; h_15="Permite borrar dígitos de un parámetro que se está modificando."; h_16="Información sobre la aplicación y sus autores."; h_17="Mide la energía absorbida durante la fractura de una probeta."; </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	6-16
<pre> Menú principal (); //Llamada función para graficar el menú principal Leer EEPROM(&Data); //Lectura de la memoria eeprom del microcontrolador Debug STRUCT(&Data); for(j=0;j<3;j++) //asignación de datos a las variables de la aplicación num[j]=Data. condicion[j]; while(TRUE) //Bucle principal de la aplicación { if(aux!=2)l=3; else l=0; if(aux2==1 && i3==0){ ang=0.17578125*pos; //Conversión de pulsos a grados en el Encoder velt=2*num[1]*vel*PI; //Cálculo de la velocidad tangencial del péndulo ang_b=num[2]-ang; if(ang_b>=90){ //Validación altura del martillo en el recorrido if(ang_b==90){ h_a=num[1];} else{ ang_b=ang_b-90; h_a=sin(0.0174532925*ang_b); h_a=num[1]*(1+h_a);} } else{ if(ang_b==0) h_a=0; else{ </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	7-16
<pre> h_a=cos(0.0174532925*ang_b); h_a=num[1]*(1-h_a);} } epg=9.8*num[0]*h_a; //Energía potencial en el ciclo del péndulo ek=0.5*num[0]*velt*velt; if(ang<ang_a&&ang>num[2]){ //Determinación de la posición final del péndulo en base al ángulo i3=1; h_b=cos(0.0174532925*num[2]); //Coseno del ángulo de la posición inicial del péndulo h_c=cos(0.0174532925*(ang_a-num[2])); //Coseno del ángulo de posición final del péndulo ep=(9.8)*num[0]; //Cálculo de la energía absorbida por la probeta ep=ep*num[1]*(h_c-h_b); sprintf(ch6,"%0.2f J",ep); glcd_text57(27,55,ch6,1,ON);} if(ang!=ang_a){ sprintf(ch2,"%0.2f *",ang_a); glcd_text57(27,15,ch2,1,OFF); ang_a=ang;} if(velt!=velt_a){ sprintf(ch3,"%0.2f m/s",velt_a); glcd_text57(27,25,ch3,1,OFF); velt_a=velt;} if(epg!=epg_a){ sprintf(ch4,"%0.2f J",epg_a); glcd_text57(27,35,ch4,1,OFF); epg_a=epg;} if(ek!=ek_a){ sprintf(ch5,"%0.2f J",ek_a); </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	8-16
<pre> glcd_text57(27,45,ch5,1,OFF); ek_a=ek;} sprintf(ch2,"%0.2f *",ang); glcd_text57(27,15,ch2,1,ON); sprintf(ch3,"%0.2f m/s",velt); glcd_text57(27,25,ch3,1,ON); sprintf(ch4,"%0.2f J",epg); glcd_text57(27,35,ch4,1,ON); sprintf(ch5,"%0.2f J",ek); glcd_text57(27,45,ch5,1,ON); glcd_update(); fprintf(PORT1,"a"); //Estado de la aplicación por comunicación serial envio_1(pos); //Envío de la posición del encoder por comunicación serial }elseif (aux!=2){ fprintf(PORT1,"b"); //Estado de la aplicación por comunicación serial switch(timed_getc(3000)){ //Espera de datos de la aplicación LabVIEW case 'd': num[0]=get_dato(8); //Espera del valor numérico de la masa definido en LabVIEW Data.condicion[0]=num[0]; break; case 'e': num[1]=get_dato(8); //Espera del valor numérico de la longitud del brazo definido en LabVIEW Data.condicion[1]=num[1]; break; case 'f': num[2]=get_dato(8); //Espera del valor numérico del ángulo inicial definido en LabVIEW Data.condicion[2]=num[2]; break; </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	9-16
<pre> case 'g': //Envío de las condiciones iniciales a LabVIEW for(j=0;j<3;j++){ for(l=0;l<6;l++) } voidmenu_principal(){ //Función para la creación del menú principal GLCD_fillscreen(ON); glcd_image_xy(22,0,0,0); //x=14 glcd_text57(27,46,ti_0,1,ON); //x=19 glcd_text57(18,56,ti_1,1,ON); //10 glcd_rect(94,0,127,63,1,ON); glcd_line(94,16,127,16,OFF); glcd_line(94,32,127,32,OFF); glcd_line(94,48,127,48,OFF); glcd_text57(99,4,op_1,1,OFF); glcd_text57(97,21,op_3,1,OFF); glcd_text57(100,37,op_10,1,OFF); glcd_text57(97,53,op_4,1,OFF); glcd_update(); return; } voidaplicacion(){ //Función para la creación de la interfaz aplicación glcd_text57(15,4,ti_2,1,ON); glcd_text57(97,4,op_9,1,OFF); glcd_text57(97,21,op_2,1,OFF); glcd_text57(97,37,op_3,1,OFF); glcd_text57(100,53,op_8,1,OFF); glcd_text57(2,15,m2,1,ON); glcd_text57(2,25,m3,1,ON); glcd_text57(2,35,m5,1,ON); glcd_text57(2,45,m6,1,ON); glcd_text57(2,55,m7,1,ON); </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	10-16
<pre> glcd_update(); return; } voidconfiguracion() { //Función para la creación de la interfaz configuración glcd_text57(7,4,ti_3,1,ON); glcd_text57(100,4,op_5,1,OFF); glcd_text57(97,21,op_6,1,OFF); glcd_text57(100,37,op_7,1,OFF); glcd_text57(100,53,op_8,1,OFF); switch(j){ case 0: glcd_text57(2,15,m8,1,ON); glcd_text57(2,25,m9,1,ON); sprintf(tmp,"%0.2f kg",num[j]); glcd_text57(2,35,tmp,1,ON); glcd_text57(2,45,m10,1,ON); break; case 1: glcd_text57(2,15,m11,1,ON); glcd_text57(2,25,m9,1,ON); sprintf(tmp,"%0.2f m",num[j]); glcd_text57(2,35,tmp,1,ON); glcd_text57(2,45,m10,1,ON); break; case 2: glcd_text57(2,15,m12,1,ON); glcd_text57(2,25,m9,1,ON); sprintf(tmp,"%0.2f *",num[j]); </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	11-16
<pre> glcd_text57(2,45,m10,1,ON); break; default: break;} glcd_update(); return; } void ayuda() { //Función para la creación de la interfaz ayuda glcd_fillscreen(OFF); switch(ind) { case 0: //Explicación de los controles glcd_text57(45,0,ti_4,1,ON); glcd_line(45,8,74,8,ON); glcd_text57(0,11,h_1,1,ON); break; case 1: //Imagen de botones del teclado glcd_image_xy(15,0,2,0); break; case 2: //Menu: Test glcd_text57(0,0,ti_6,1,ON); glcd_text57(30,0,op_1,1,ON); glcd_line(0,8,52,8,ON); glcd_text57(0,11,h_2,1,ON); glcd_text57(0,36,ti_7,1,ON); glcd_text57(0,46,op_9,1,ON); glcd_text57(0,56,op_2,1,ON); break; </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	12-16
<pre> glcd_text57(2,35,tmp,1,ON); case 3: //Opcion: Start del menu TEST glcd_text57(0,0,ti_8,1,ON); glcd_text57(42,0,op_9,1,ON); glcd_line(0,8,70,8,ON); glcd_text57(0,11,h_3,1,ON); glcd_text57(0,36,h_4,1,ON); glcd_text57(0,44,h_5,1,ON); glcd_text57(0,52,h_6,1,ON); break; case 4: //Descripción de variables monitoreadas del menú TEST glcd_text57(0,0,m2,1,ON); glcd_text57(24,0,h_4,1,ON); glcd_text57(0,11,m3,1,ON); glcd_text57(24,11,h_5,1,ON); glcd_text57(0,22,m5,1,ON); glcd_text57(24,22,h_7,1,ON); glcd_text57(0,33,m6,1,ON); glcd_text57(24,33,h_8,1,ON); glcd_text57(0,44,m7,1,ON); glcd_text57(24,44,h_9,1,ON); break; case 5: //Opcion: Reset del menu TEST glcd_text57(0,0,ti_8,1,ON); glcd_text57(42,0,op_2,1,ON); glcd_line(0,8,70,8,ON); glcd_text57(0,11,h_10,1,ON); </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	13-16
<pre> break; case 6: //MENU:SETUP glcd_text57(0,0,ti_6,1,ON); glcd_text57(30,0,op_3,1,ON); glcd_line(0,8,58,8,ON); glcd_text57(0,11,h_11,1,ON); glcd_text57(0,36,m8,1,ON); glcd_text57(0,46,m11,1,ON); break; case 7: //MENU:SETUP-parámetro masa del martillo glcd_text57(0,0,op_3,1,ON); glcd_text57(29,0,h_0,1,ON); glcd_text57(34,0,m8,1,ON); glcd_line(0,8,122,8,ON); glcd_text57(0,11,h_12,1,ON); break; case 8: //MENU:SETUP-parámetro longitud del brazo glcd_text57(0,0,op_3,1,ON); glcd_text57(29,0,h_0,1,ON); glcd_text57(34,0,m11,1,ON); glcd_line(0,8,122,8,ON); glcd_text57(0,11,h_13,1,ON); break; case 9: //Opcion: Save del menu SETUP glcd_text57(0,0,ti_8,1,ON); glcd_text57(42,0,op_5,1,ON); glcd_line(0,8,65,8,ON); glcd_text57(0,11,h_14,1,ON); break; </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	14-16
<pre> case 10: //Opcion: Erase del menú SETUP glcd_text57(0,0,ti_8,1,ON); glcd_text57(42,0,op_6,1,ON); glcd_line(0,8,69,8,ON); glcd_text57(0,11,h_15,1,ON); break; case 11: //Menu: ABOUT glcd_text57(0,0,ti_6,1,ON); glcd_text57(30,0,op_4,1,ON); glcd_line(0,8,69,8,ON); glcd_text57(0,11,h_16,1,ON); break; default: ind=0; aux=0; menu_principal(); break; } glcd_update(); if(aux!=0)interfaz(); return; } voidacerca(){ glcd_fillscreen(OFF); switch(ind) { case 0: //Pantalla principal ABOUT glcd_image_xy(5,0,3,0); break; </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	15-16
<pre> case 1: //Descripción breve de la maquina glcd_text57(16,0,ti_9,1,ON); glcd_text57(60,0,ti_1,1,ON); glcd_line(14,8,120,8,ON); glcd_text57(0,11,h_17,1,ON); break; case 2: //Maquina de charpy glcd_image_xy(5,0,1,0); break; default: ind=0; aux=0; menu_principal(); break; } glcd_update(); if(aux!=0)interfaz(); return; } void envio_1(signedlongnum){ //Función para el envío de la posición del encoder sprintf(str,"%05ld\r",num); fprintf(PORT1,str); return; } void envio_2(){ //Función para el envío de datos de las condiciones de la aplicación sprintf(str_2,"%09f\r",num[j]); </pre>		

ANEXO D	Programación Pic	16-16
<pre data-bbox="309 434 558 1097">switch(j){ case 0: fprintf(PORT1,"d"); break; case 1: fprintf(PORT1,"e"); break; case 2: fprintf(PORT1,"f"); break; default: break;} fprintf(PORT1,str_2); return; }</pre> <p data-bbox="702 1115 965 1146" style="text-align: center;">Realizado por: Autores</p>		

ANEXO E	Pruebas	1-7
----------------	----------------	------------

Se realiza una prueba de ensayo con acero ASTM A36 teniendo en cuenta los siguientes parámetros de la máquina:

- **Tipo de máquina:** CHARPY.
- **Capacidad de energía:** 302.18 (J)
- **Velocidad al momento del impacto:** 4.12 m/s
- **Maquinado de la probeta:** Se maquina una barrilla cuadrada de 11x11mm siguiendo las dimensiones de la norma ASTM E 23.
- **Temperatura de ensayo:** Se realiza el ensayo a Temperatura Ambiente 15.9 °C.

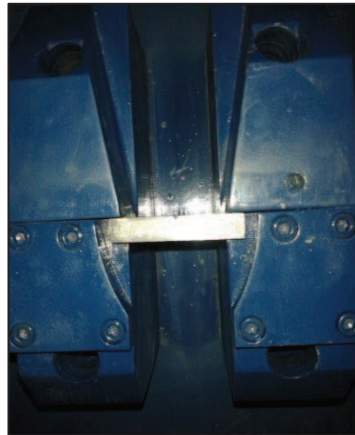
Se realiza el ensayo a 3 probetas, dimensionadas como especifica la norma.



Realizado por: Autores

ANEXO E	Pruebas	2-7
---------	---------	-----

Colocación de la probeta en el yunque:



Realizado por: Autores

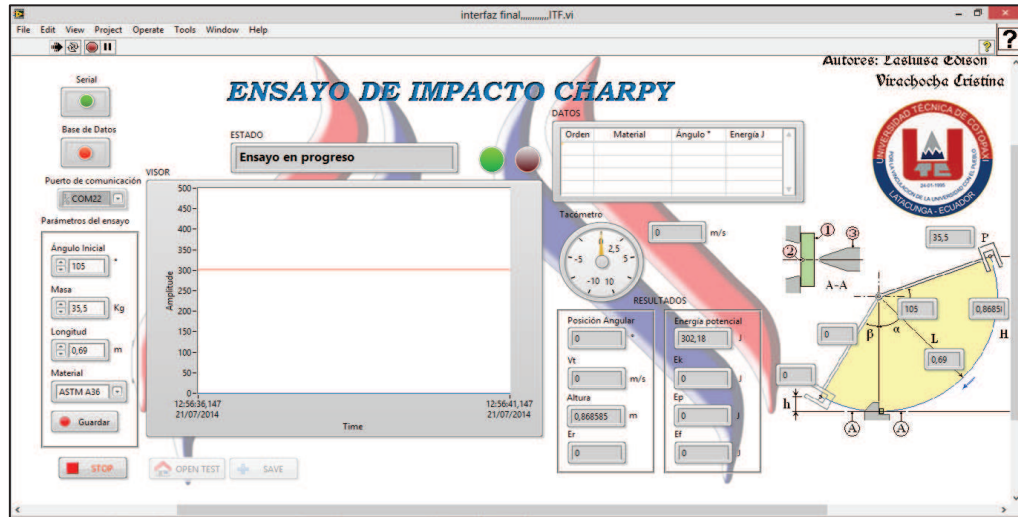
Energía del péndulo:

Se visualiza la capacidad de energía de la máquina en el tablero de control.



Realizado por: Autores

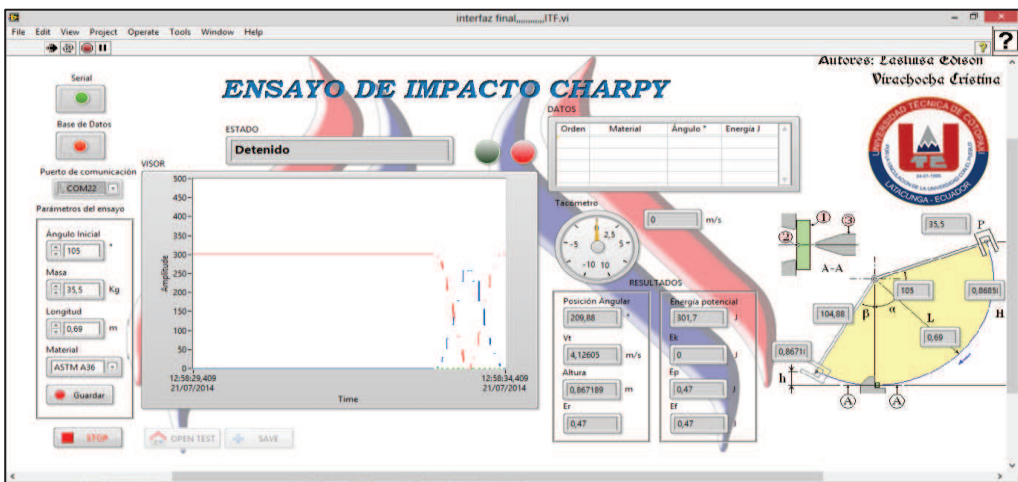
De igual forma mediante la interfaz de datos se visualiza la energía de la máquina en la aplicación de LabVIEW.



Realizado por: Autores

Energía perdida:

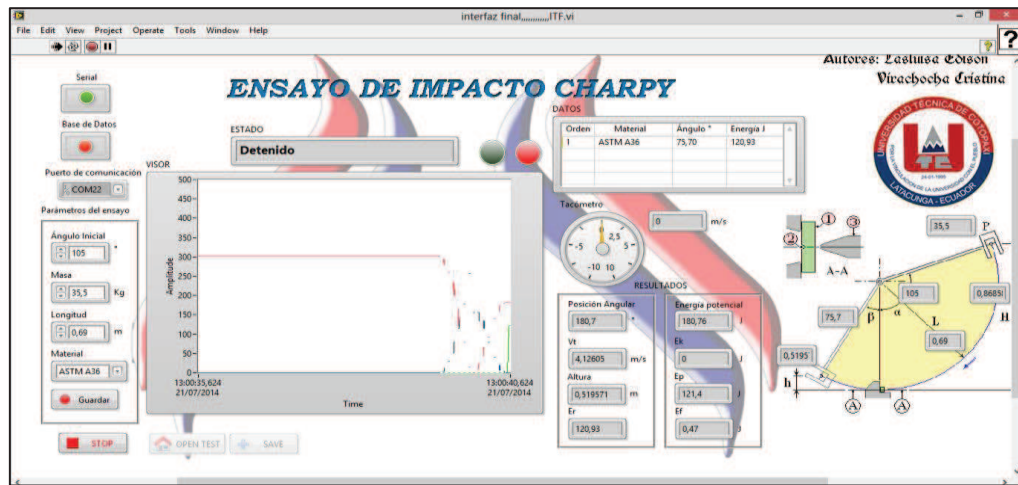
Se realiza un ensayo en vacío para determinar las pérdidas de energía que se producen en la máquina, este valor se restará a la energía absorbida por la probeta para obtener mejores resultados.



Realizado por: Autores

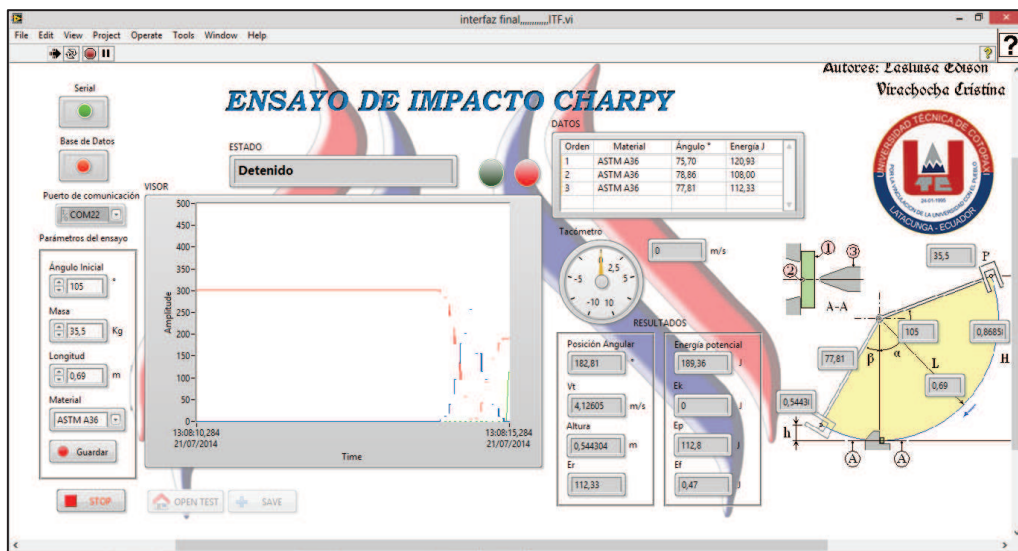
Ensayo con la probeta:

Se realiza el ensayo de impacto con la probeta, se visualiza los resultados y se guarda en la base de datos para continuar con la siguiente prueba.



Realizado por: Autores

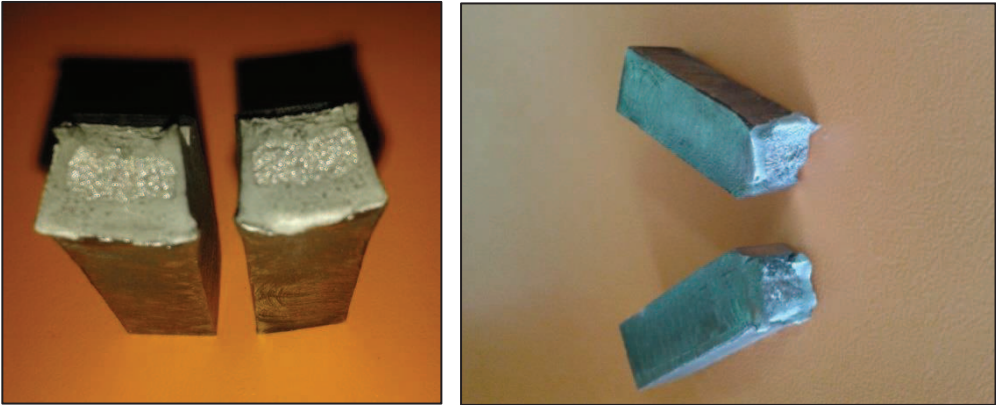
Finalmente se registran todos los resultados arrojados de cada ensayo.



Realizado por: Autores

ANEXO E	Pruebas	5-7
----------------	----------------	------------

Fractura de la probeta:



Realizado por: Autores

Datos obtenidos de los ensayos:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS	
	
INFORME ENSAYO CHARPY	
Norma:	ASTM E-23
Tipo de muesca:	Entalla en "V"
Temperatura:	15.9 °C Temperatura Ambiente
Material:	Acero ASTM A36
Fecha:	18 de Junio del 2014
Realizado por:	Tesistas

Realizado por: Autores

ANEXO E	Pruebas	6-7
----------------	----------------	------------

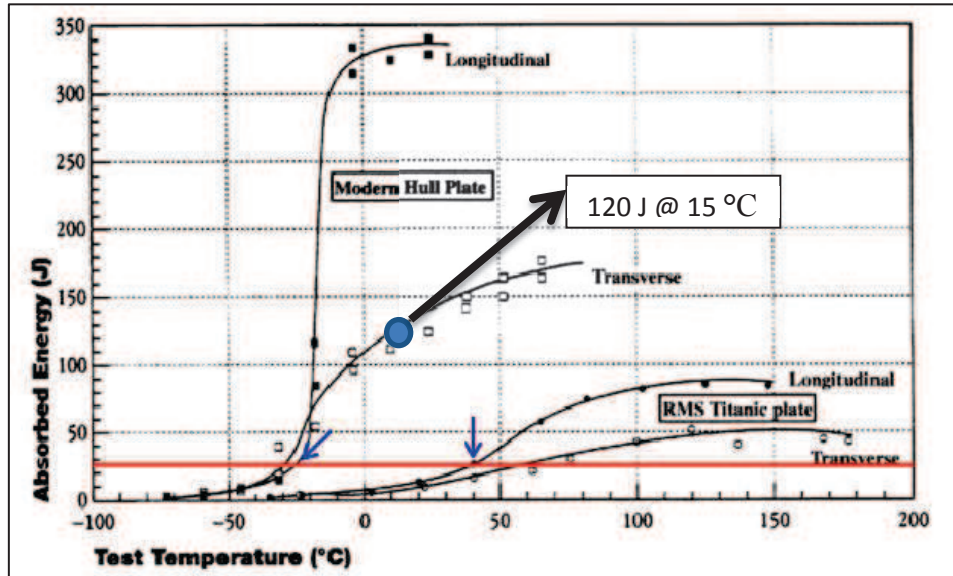
ENSAYO EN VACÍO				
# Ensayo	Ángulo inicial	Longitud (m)	Peso péndulo 35.5 Kgx9.8 m/s ² (N)	Energía Absorbida (J)
1	105	0.69	347.9	0.47

ENSAYO CON PROBETA					
# Probetas	Ángulo inicial	Longitud (m)	Peso péndulo 35.5 Kgx9.8 m/s ² (N)	Energía Absorbida (J)	Resiliencia (kgf.m/cm ²)
1	105	0.69	347.9	120.93	15.42
2	105	0.69	347.9	108.00	13.77
3	105	0.69	347.9	112.33	14.38
PROMEDIO:				113.75	14.5

Realizado por: Autores

Observaciones:

Según la gráfica del ensayo Charpy, en la que representa la cantidad de energía absorbida con respecto a la temperatura del acero ASTM A36, se puede apreciar que la energía absorbida por el material bordea los 120 J @ 15°C, tomando en cuenta el resultado promedio (113.75 J) de los ensayos realizados y considerando las pérdidas de energía debido a las vibraciones ocasionadas por la inestabilidad de la máquina ya que esta no se encuentra debidamente anclada al piso.



Fuente: Naukas

ANEXO F

PLANOS