

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA DE FIGURACIÓN DE BARRAS DE ACERO
DE REFUERZO PARA HORMIGÓN ARMADO**

AUTOR:

CARLOS PABLO PALACIOS FLORES

DIRECTOR:

ING. FERNANDO LARCO

Quito, Octubre de 2011

CERTIFICADO

Certifico que el presente trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en forma total por el Sr. Carlos Pablo Palacios Flores.

Atentamente,

Ing. Fernando Larco
DIRECTOR DE TESIS

**DECLARATORIA DE
RESPONSABILIDAD**

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 10-24-2011.

(f) _____

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, a su esfuerzo, sacrificio y dedicación por hacer de mí una persona de bien. A mis hermanos, que son el pilar que mantiene mi mundo.

AGRADECIMIENTOS

A la vida, por permitirme seguir existiendo y darme cada día la fuerza que necesito para salir adelante. A todas las personas de buena voluntad que de alguna u otra forma me brindaron su ayuda para la realización de este trabajo, de manera especial a Antonio Trávez.

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	1
Definición del problema	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Alcance	4
Justificación del problema	5

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1	Proceso de fabricación del acero de refuerzo	
1.1.1	Proceso de fabricación del acero	6
1.1.2	Colado del acero	7
1.1.3	Laminación en caliente de las barras	8
1.2	Función del acero de refuerzo	
1.2.1	¿Qué es el acero de refuerzo?	9
1.2.2	Descripción de la función que cumple el acero de refuerzo	11
1.2.3	Tipos de figuras empleadas en las estructuras de hormigón	13
1.3	Doblado de barras	
1.3.1	Doblado de las barras de acero	16
1.3.2	Ganchos normales	18
1.3.3	Diámetros mínimos de doblado	18
1.4	Medidas mínimas para barras con ganchos	19
1.4.1	Barras con ganchos normales	20
1.4.2	Estribos normales y ganchos de amarra	21
1.4.3	Ganchos sísmicos	21
1.4.4	Tolerancias de fabricación	23
1.5	Corrosión de las barras de refuerzo	
1.5.1	Definiciones básicas	27

CAPÍTULO 2

MAQUINARIA PARA LA FIGURACIÓN

2.1	Alternativa 1. Figuración manual	30
2.2	Alternativa 2. Figuración por dobladora semiautomática	32
2.2.1	Descripción de la dobladora semiautomática	32
2.2.2	Funcionamiento de la dobladora semiautomática.....	33
2.3	Alternativa 3. Figuración por estribadora automática.....	34
2.3.1	Descripción de la estribadora automática.....	34
2.3.2	Funcionamiento de la estribadora automática	35
2.4	Selección de la mejor alternativa	37

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CÁLCULOS

3.1	Cálculo de la fuerza en el doblado	
3.1.1	Análisis de las cargas que intervienen en el doblado.....	39
3.1.2	Análisis de la fuerza en el doblado	42
3.1.3	Cálculo de la fuerza en el doblado.....	43
3.2	Cálculo de la potencia del motorreductor	
3.2.1	Cálculo del torque de salida	46
3.2.2	Cálculo de la potencia utilizada.....	46
3.2.3	Calculo de la potencia del motorreductor	47
3.3	Diseño del plato de doblado	48
3.4	Cálculo y diseño del brazo sufridera	
3.4.1	Cálculo de las fuerzas que actúan en el brazo sufridera	50

CAPÍTULO 4

COSTOS

4.1	Costo de materiales	
4.1.1	Costo de ejes, placas y planchas	53
4.1.2	Costo de elementos de sujeción.....	56
4.1.3	Costo de insumos eléctricos	57

4.1.4	Costo de artículos varios	57
4.2	Costo por máquinas	
4.2.1	Costo de las máquinas herramientas utilizadas	58
4.2.2	Costo de los procedimientos empleados en la fabricación.....	58
4.3	Costo de mano de obra.....	59
4.4	Costo de fabricación de la máquina figuradora de barras de acero	60
	Conclusiones	61
	Recomendaciones.....	62
	Bibliografía	63
	Páginas web.....	64
	Glosario de términos.....	65
	Anexos	68

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Grados del acero de refuerzo	11
Tabla 1.2. Ángulos de doblado, diámetros mínimos y extensiones para barras y estribos con ganchos (ACI 318).....	19
Tabla 1.3. Medidas mínimas para barras con ganchos normales (doblez de 90°)	20
Tabla 1.4. Medidas mínimas para barras con ganchos normales (doblez de 180°)	20
Tabla 1.5. Medidas mínimas para estribos normales y ganchos de amarra (doblez de 90°)	21
Tabla 1.6. Medidas mínimas para estribos normales y ganchos de amarra (doblez de 135°)	21
Tabla 1.7. Medidas mínimas para ganchos sísmicos en cercos circulares y trabas	22
Tabla 1.8. Medidas mínimas para ganchos sísmicos en amarras cerradas continuas	22
Tabla 1.9. Simbología y tolerancias de fabricación	23
Tabla 2.1. Alternativas de selección de la maquinaria o método adecuado para la elaboración de figurado	37
Tabla 3.1. Características del plato de doblado.....	49
Tabla 4.1. Costo de ejes y placas.....	54
Tabla 4.2. Costo de placas	54
Tabla 4.3. Costo de planchas.....	55
Tabla 4.4. Costo de elementos de sujeción	56
Tabla 4.5a. Costo del motorreductor	57
Tabla 4.5b. Costo de artículos eléctricos	57
Tabla 4.6. Costo artículos varios	57
Tabla 4.7. Costo hora/máquina	58
Tabla 4.8a. Costo por cm. de oxicorte	59
Tabla 4.8b. Costo por dobléz	59
Tabla 4.9. Costo hora/trabajador	59

Tabla 4.10. Costo de fabricación de la máquina figuradora de barras de acero de refuerzo para hormigón armado	60
Tabla A1. Características del motorreductor	72
Tabla A2. Capacidad de doblado	72
Tabla A3. Datos de placa	73
Tabla A4. Mantenimiento preventivo de la máquina figuradora	79
Tabla A5. Lubricantes recomendados	80
Tabla A6. Escala de levantamiento de pesos	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Proceso de fabricación del acero	10
Figura 1.2. Barras de acero de refuerzo	11
Figura 1.3. Ejemplo de viga cargada, sin y con armaduras sometidas a tensiones.....	12
Figura 1.4. Formas típicas de amarras y estribos	13
Figura 1.5a. Formas típicas de barras dobladas	14
Figura 1.5b. Formas típicas de barras dobladas	15
Figura 1.6. Vista aumentada de los detalles de curvatura.....	16
Figura 1.7a. Tolerancias estándar de fabricación barras dobladas (ACI 315)	24
Figura 1.7b. Tolerancias estándar de fabricación barras dobladas (ACI 315).....	25
Figura 1.8. Tolerancias estándar de fabricación estribos.....	26
Figura 1.9. Esquema de celda de corrosión o pila.....	28
Figura 2.1. Doblado manual de barras.....	31
Figura 2.2. Figurado de barras de acero mediante dobladora semiautomática	34
Figura 2.3. Estibadora automática	36
Figura 3.1. Posición inicial para el doblado de barras.....	39
Figura 3.2. Doblado de la barra de acero.....	40
Figura 3.3. Viga soportada en un apoyo con carga concentrada en un extremo....	40
Figura 3.4. Diagrama de cuerpo libre	41
Figura 3.5. Barra maciza circular	44
Figura 3.6. Plato de doblado	49
Figura 3.7. Brazo guía o brazo-sufridera	50
Figura 3.8. Fuerzas que intervienen en el brazo-sufridera.....	51

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Guía del usuario	69
Anexo 2. Reacciones, momentos y deflexiones	89
Anexo 3. Momento plástico resistente	91
Anexo 4. Selección de un motorreductor.....	94
Anexo 5. Dimensiones del motorreductor	96
Anexo 6. Interruptores de posición o finales de carrera	98
Anexo 7. Acero AISI 1045	100
Anexo 8. Acero ASTM A-36	102
Anexo 9. Planos.....	104

INTRODUCCIÓN

Desde la implementación de las barras de acero como refuerzos en las estructuras de edificaciones y construcciones a medida de prevención ante los fenómenos naturales, por ejemplo, los terremotos, que son frecuentes en nuestro país debido a su situación geográfica, éstos han tomado importancia y se han tornado obligatorias en todo tipo de obra en el campo de la construcción. Para esto, el ingeniero civil, quien es la persona generalmente encargada de este tipo de trabajo, realiza los planos estructurales de la edificación donde especifica las medidas y diseños que van a tener las barras de acero de acuerdo a los requerimientos y necesidades.

A partir de este momento es donde surge la inquietud del método a utilizarse para elaborar esta tarea de manera rápida, segura y eficiente.

La presente tesis, plantea una de las tres alternativas que actualmente existen para la elaboración de figurado de barras de acero de refuerzo para hormigón armado, como una solución ante el modelo tradicional que se emplea en la actualidad, haciendo de este un proceso más confiable, técnico y seguro, además de permitir realizar figuras en diámetros mayores a los que generalmente y que por limitaciones de la persona que ejecuta el trabajo, no se las puede realizar con regularidad.

Con esto se espera contribuir en el mejoramiento de las técnicas de construcción y elaboración de figurado a través del diseño planteado de una máquina que permita realizar este tipo de trabajo y que se describe en el transcurso de la presente a través de datos, planos y guías, respectivamente.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Por muchos años, la figuración de barras de acero se lo ha venido realizando de forma manual, haciendo de este proceso un método de fabricación limitado debido a que, en muchos de los casos, sólo se puede hacer el figurado de las barras de acero que son de diámetros menores y/o que se puedan doblar con facilidad, contratándose maquinaria u otros tipos de herramientas para lograr obtener figuras de barras de acero en diámetros mayores. En tal virtud surge la necesidad de contar con una máquina que ayude en la elaboración del proceso señalado, con la finalidad de reducir tiempos, aumentar la productividad y mantener la integridad del trabajador.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar una máquina de figuración de barras de acero de refuerzo para hormigón armado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los procedimientos que sigue el acero para la figuración e implementación del mismo en las construcciones, además de la función que cumple en conjunto con el hormigón armado.
- Seleccionar la mejor alternativa a emplearse de acuerdo a las necesidades y requerimientos de los constructores.
- Elaborar los planos generales y de despiece
- Determinar los costos de fabricación de esta máquina.
- Realizar una guía para mantenimiento.

ALCANCE

El presente proyecto tiene como finalidad la realización del diseño mecánico de una máquina que permita obtener el figurado de barras de acero de refuerzo para hormigón armado en el sitio mismo de la obra donde se está ejecutando una construcción o edificación, con el fin de abaratar costos, tiempo, dinero y lograr de esta manera una mayor producción de figurado que la que actualmente se realiza por los métodos tradicionales.

Con la ayuda de ésta máquina, se estima figurar barras de acero cuyos diámetros varían de 8 a 32 mm., respectivamente.

La fuerza empleada para poder realizar el figurado es mediante energía eléctrica y mecánica a través de un motor.

Este trabajo abarca el diseño de la máquina, la elaboración de planos, algunas sugerencias para el mantenimiento de la máquina, conclusiones, recomendaciones y la correspondiente bibliografía.

JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el figurado de barras de acero de refuerzo para las estructuras de edificaciones o construcciones se la realiza manualmente. Este proceso de elaboración es tradicional, debido a que se lo ha venido haciendo desde hace muchos años atrás, porque es considerada como la forma más barata de producción a más de que es el único método conocido para realizar este trabajo.

Al ser este trabajo de forma manual, existen limitaciones en la fabricación, debido a que no se aplica norma técnica alguna, ya sea de fabricación, seguridad, entre otros, empleando únicamente el conocimiento y la experiencia de la persona que realiza el trabajo a través de la utilización de herramientas improvisadas que de alguna u otra forma logren realizar lo requerido, sin olvidar la cantidad que se obtiene de este trabajo que es mínima, y sobre todo, que únicamente se puede doblar diámetros hasta donde sea posible aplicar la fuerza del ser humano.

Con el presente trabajo se aspira mejorar este tipo de procedimientos con la que se realiza el figurado para las construcciones y edificaciones, elevando la producción y eficiencia en la realización de los mismos, empleando los conocimientos técnicos que nos brinda la mecánica para alcanzar determinado fin, asegurando que la elaboración de los mismos se lo haga de manera rápida, fácil y sin complicaciones para el operario, garantizando que esta operación sea óptima y cumpla con los requerimientos solicitados de acuerdo a la necesidad del cliente, ofreciéndole un trabajo de calidad.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

1.1.1 Proceso de fabricación del acero

El proceso de fabricación del acero se inicia con el acopio de material que ha sido desechado o que se encuentra en desuso, como por ejemplo, partes de maquinaria, piezas desgastadas o partes destruidas, que están hechas principalmente de acero. A este material se lo conoce como chatarra y es la materia prima básica empleada, en este caso, en la fabricación de barras de refuerzo. Una vez obtenida la materia prima, se procede a seleccionar, procesar y cortar en pedazos la chatarra para manipular de mejor manera el material. Además, se emplea en la fabricación del acero otros elementos, tales como, ferroaleaciones, oxígeno, cal, fundentes, entre otros.

La materia prima seleccionada es colocada en cestas de acuerdo a los requerimientos de producción, en las proporciones adecuadas. Estas cestas son trasladadas hacia la acería, que es el lugar donde se encuentra el horno de arco eléctrico que presenta una capacidad determinada en donde son descargadas para ser fundido y de esta manera cumplir con la demanda de producción.

Durante el proceso de fusión, se inyectan al horno importantes cantidades de oxígeno con el fin de extraer y remover las impurezas.

Una vez concluido el proceso de fusión a una temperatura alrededor de 1600 °C, en el que toda la carga cambia desde el estado sólido al estado líquido, el acero es trasladado hacia un Horno de Cuchara, donde se realizará los procedimientos concernientes a la etapa de afino, a la vez que se procederá a tomar muestras de acero

para realizar el respectivo análisis de espectrometría, con la finalidad de conocer su composición química y cumplir así con los estándares de calidad preestablecidos.

Analizadas las muestras en el laboratorio, se emite el respectivo informe en el que se da a conocer la composición química que presenta el acero obtenido, mediante el cual se realizan las debidas correcciones a través del proceso de afino, permitiendo obtener un acero con la composición y pureza deseada. Así, de esta manera, se obtienen los diferentes grados del acero, a través de un cuidadoso control de la composición y mediante la adición de ferroaleaciones tales como ferromanganeso, ferrosilicio, entre otros, aprovechando la mayor afinidad química de estos elementos, para formar entre otros, óxidos y sulfuros que pasan en mayor cantidad a la escoria.

Cuando se ha conseguido cumplir con las condiciones de temperatura y composición química, el acero en estado líquido es trasladado en la cuchara hasta la siguiente fase, en la que se realizará el proceso de colada continua.

1.1.2 Colado del acero

Para poder trabajar el acero en estado líquido, es necesario que éste se solidifique, de tal manera, que más adelante en el proceso se pueda utilizar de forma conveniente los trenes de laminación. El proceso de solidificación se lo hace a través de un equipo de colada continua, en el que se transforma el acero líquido en un producto semiterminado llamado palanquilla, que no son más que barras macizas.

Se denomina colada continua al proceso en el que el acero líquido sale sin interrupción del horno hasta que la cuchara haya vaciado todo el producto que contiene, el cual es transferido a un distribuidor desde donde pasa a las vías de colada.

Desde el distribuidor, el acero cae dentro de tres lingoteras de cobre sin fondo, de doble pared y refrigeradas por agua, donde se inicia la solidificación del acero, con la

formación de una delgada cáscara superficial endurecida, que contiene aún su núcleo de metal en estado líquido.

Para ayudar a acelerar la formación y engrasamiento de dicha cáscara, las lingoteras tienen un movimiento de oscilación vertical que, además, impide su adherencia a las paredes del molde y permite su transporte hacia el mecanismo extractor.

Después de dejar las lingoteras, tres metros debajo de éstas, el acero superficialmente sólido, es tomado por juegos de rodillos refrigerados con chorros de agua a alta presión, solidificándose completamente, y ya convertido en palanquilla, cortado automáticamente mediante cizallas, a la longitud deseada.

Luego de esto, las palanquillas son inspeccionadas visualmente para detectar posibles defectos superficiales o de forma. Después de aprobadas, las palanquillas son separadas por coladas, identificadas y almacenadas para la operación siguiente: la laminación en caliente.

1.1.3 Laminación en caliente de las barras

“La laminación en caliente, es un proceso de transformación termomecánico, en donde se da la forma final a los productos siderúrgicos”¹.

En este proceso, la palanquilla es tratada mecánicamente, haciéndola pasar sucesivamente por los rodillos de los trenes de laminación, la cual va reduciendo su sección original y consecuentemente, aumentando su longitud. De esta forma, se lleva la sección transversal de la palanquilla cada vez más próxima a la forma y diámetro final de la barra redonda, con sus resaltes característicos y las marcas que identifican el origen, el fabricante, el grado del acero y el diámetro nominal del producto.

¹ RONDON, Carlos, *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón*, Primera Edición, M y M Servicios Gráficos S.A., Santiago de Chile-Chile 2008, p.16.

Realizado este procedimiento, las barras son conducidas hasta el final del tren de laminación, a una parrilla o lecho de enfriamiento donde terminan de enfriarse, para luego proceder a cortar a la medida deseada y posteriormente ser empaquetadas y almacenadas. Es aquí donde se extraen las muestras para su aprobación y certificación de acuerdo a las normas vigentes.

En la figura 1.1, se indica el proceso de fabricación del acero descrito anteriormente.

1.2 FUNCIÓN DEL ACERO DE REFUERZO

1.2.1 ¿Qué es el acero de refuerzo?

El acero de refuerzo o acero estructural, como se muestra en la figura 1.2, es el producto de la aleación de hierro, carbono y pequeñas cantidades de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le aportan características específicas y propiedades mecánicas tales como ductilidad, resistencia y flexibilidad.

De acuerdo a la fabricación, pueden presentarse en forma de perfiles estructurales, barras y planchas. En lo que tiene que ver con acero de refuerzo para armaduras en hormigón armado, la presentación de éstas puede darse en forma de barras corrugadas, alambón, alambres trefilados lisos o corrugados, mallas electrosoldables, barras lisas, entre otras.

Figura 1.1. Proceso de fabricación del acero

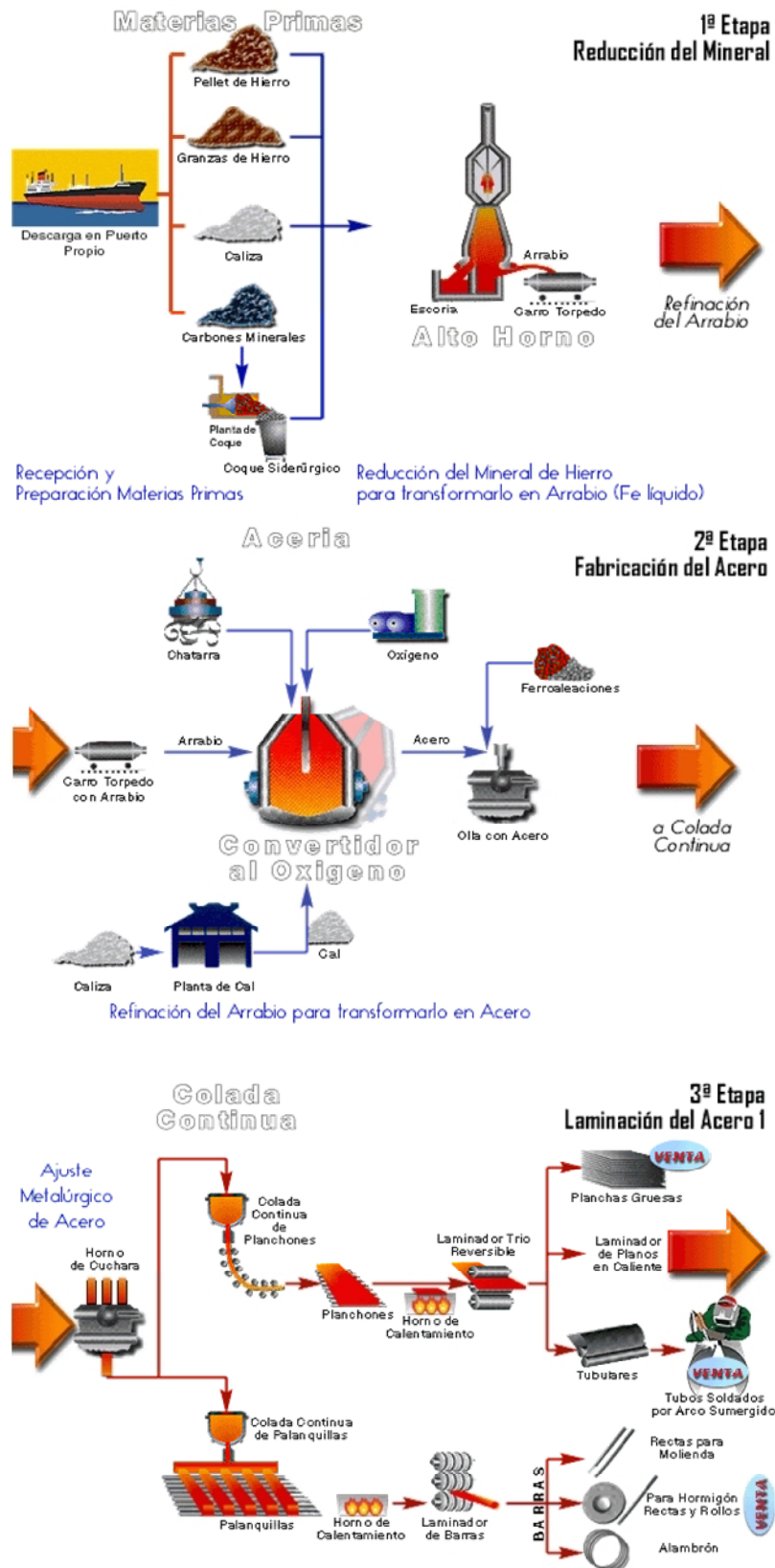


Figura 1.2. Barras de acero de refuerzo



Según lo que establece la ASTM (Sociedad Americana para Ensayos y Materiales, por sus siglas en inglés), en la norma A615/A615M, el acero de refuerzo se clasifica en grados de acuerdo al límite de fluencia que presenta, los cuales se indican en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Grados del acero de refuerzo

Grado estructural (resistencia normal)	Límite de fluencia f_y (kg/cm²)	Fatiga de trabajo f_s (kg/cm²)
25	2530	1265
28 (40)	2810	1400
35 (50)	3515	1750
Grado duro (alta resistencia)		
42 (60)	4218	2100
52 (75)	5273	2630
63	6327	3160
Entre paréntesis se indica la denominación ASTM del grado en miles de lb/pulg ²		

Fuente: Federico Gonzáles, Manual de supervisión de obras de concreto, 2004

1.2.2 Descripción de la función que cumple el acero de refuerzo

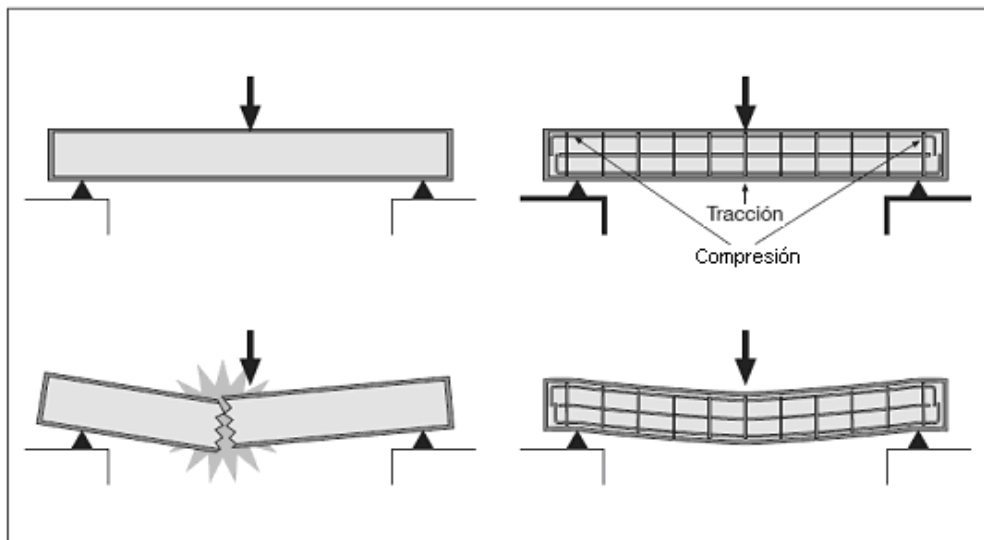
Se define como hormigón armado, al material resultante de la unión del hormigón o concreto (mezcla proporcional de cemento Portland, o cualquier otro cemento hidráulico, con arena, grava y agua limpia, con o sin aditivos, que al fraguar y

endurecer adquiere resistencia) y las armaduras o barras de acero de refuerzo, combinados de tal forma que constituyan un elemento sólido, monolítico y único desde el punto de vista de sus características físicas, para aprovechar así las cualidades individuales que presentan ambos materiales².

Una de las características del hormigón es, que asegura una gran resistencia por sí solo a las solicitaciones de compresión, pero no lo suficiente como para soportar los esfuerzos de tracción, por lo que no se recomienda su uso para cierto tipo de estructuras que están sometidas a estas exigencias. Sin embargo, si además del hormigón se utiliza barras de acero de refuerzo y se las instala debidamente en las zonas apropiadas o críticas, se estará dando por cumplido a dicho requerimiento, obteniéndose un conjunto capaz de resistir esfuerzos o tensiones combinadas, como se ilustra en la figura 1.3.

Por lo tanto, en el conjunto compuesto por barras de acero-hormigón, las tracciones por flexión, corte, torsión o normales, serán resistidas por el acero, mientras que las compresiones serán soportadas por el hormigón.

Figura 1.3. Ejemplo de viga cargada, sin y con armaduras sometidas a tensiones



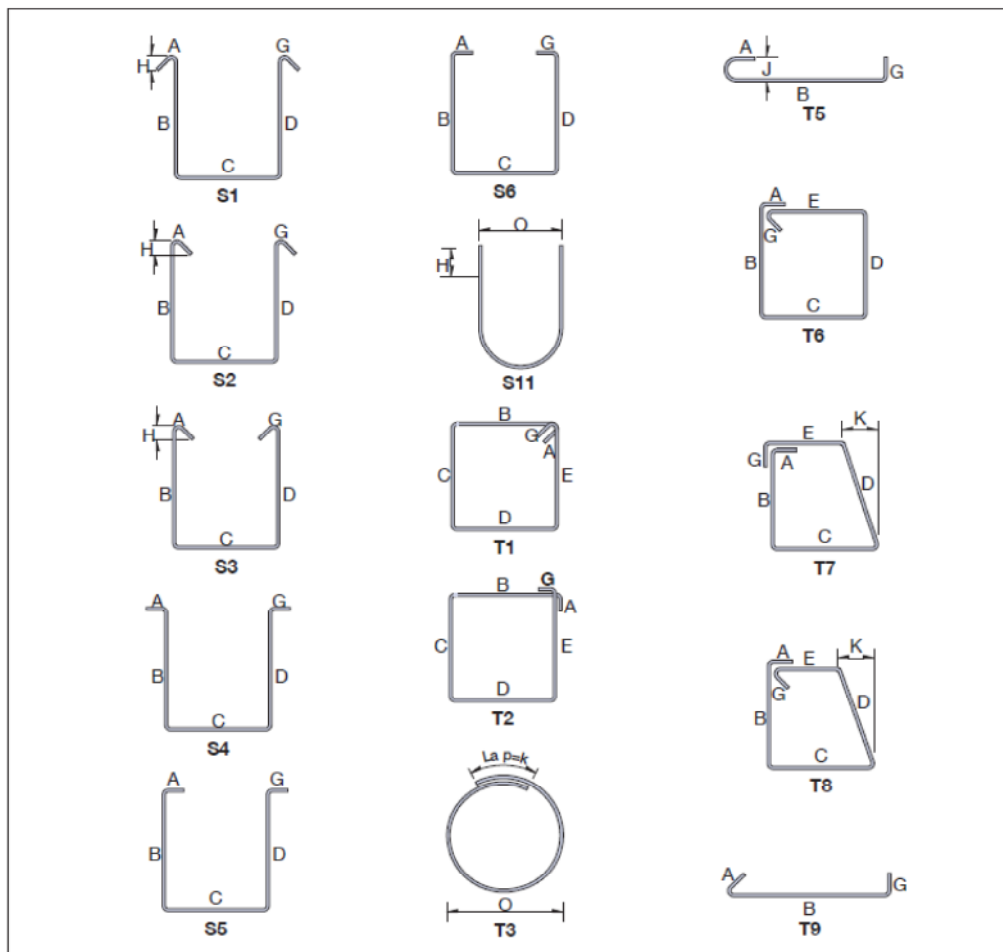
Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

² RONDON, Carlos, Op.Cit., p.33.

1.2.3 Tipos de figuras empleadas en las estructuras de hormigón

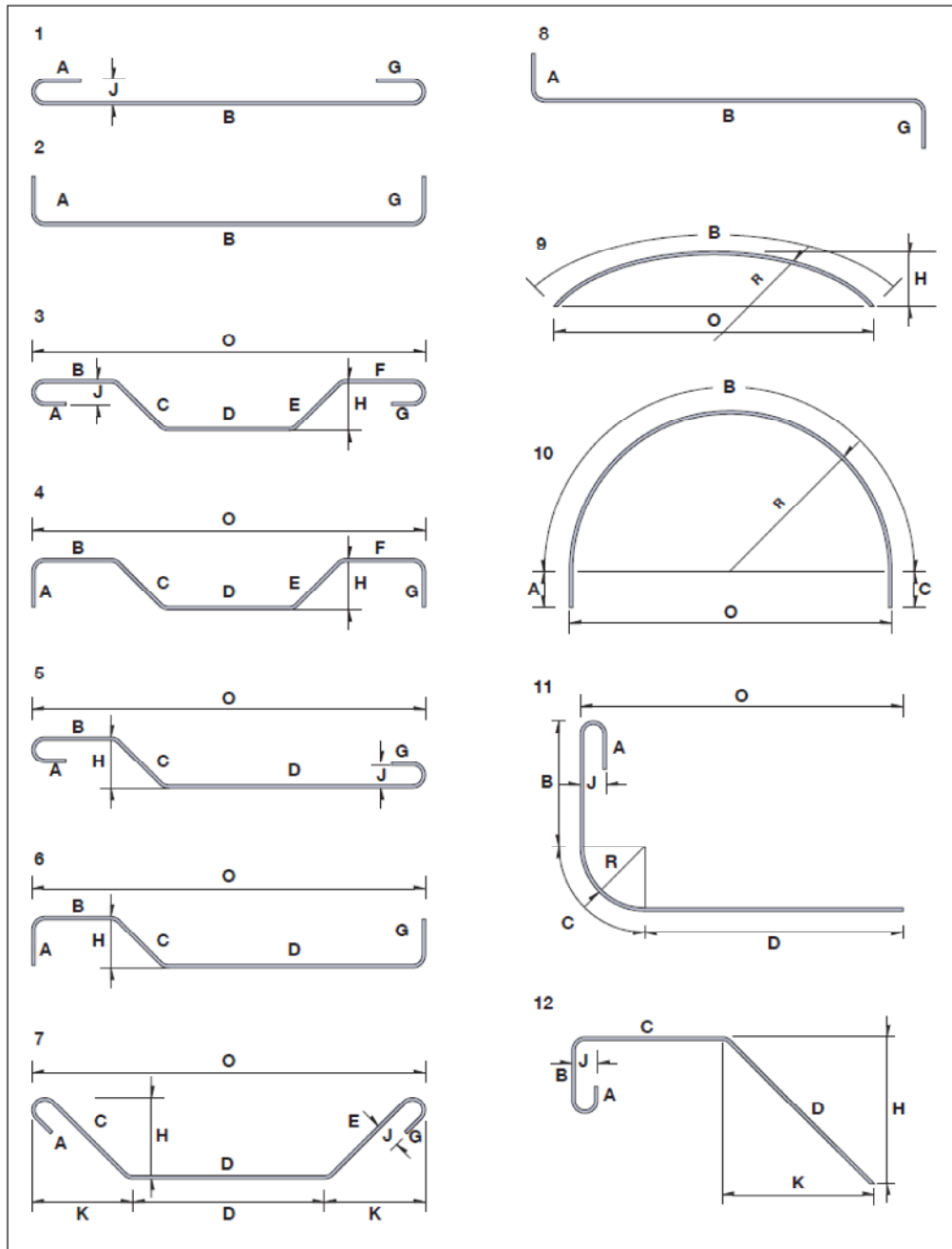
Las formas más típicas usadas, para estribos y barras dobladas, se muestran en las figuras 1.4, 1.5a y 1.5b, en donde a cada dimensión de doblado es conveniente asignarle una letra de identificación, tal como se expone en la vista aumentada de la figura 1.6, y un número al tipo de barra, según la forma incluida en el plano de referencia o plano estructural.

Figura 1.4. Formas típicas de amarras y estribos



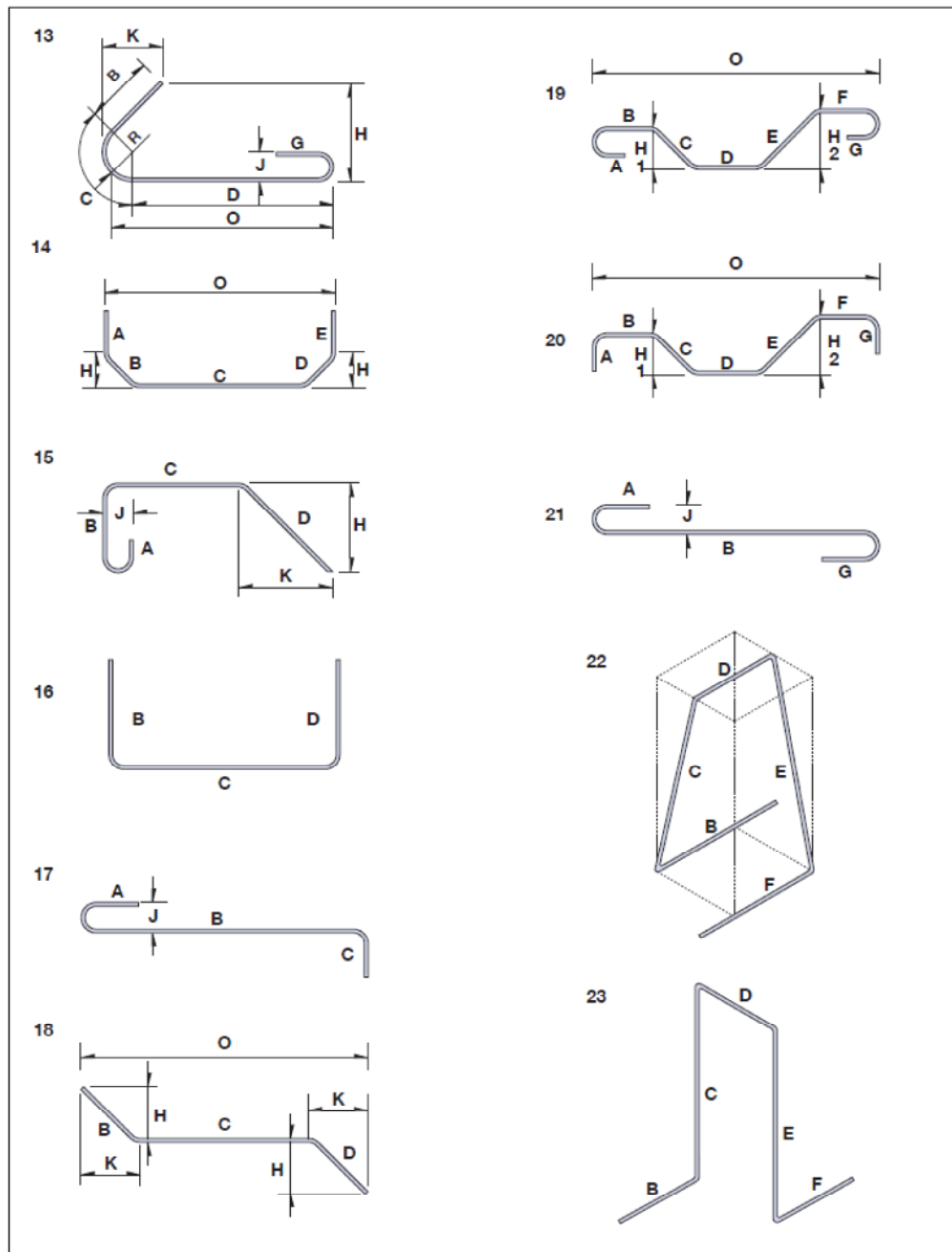
Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Figura 1.5a. Formas típicas de barras dobladas



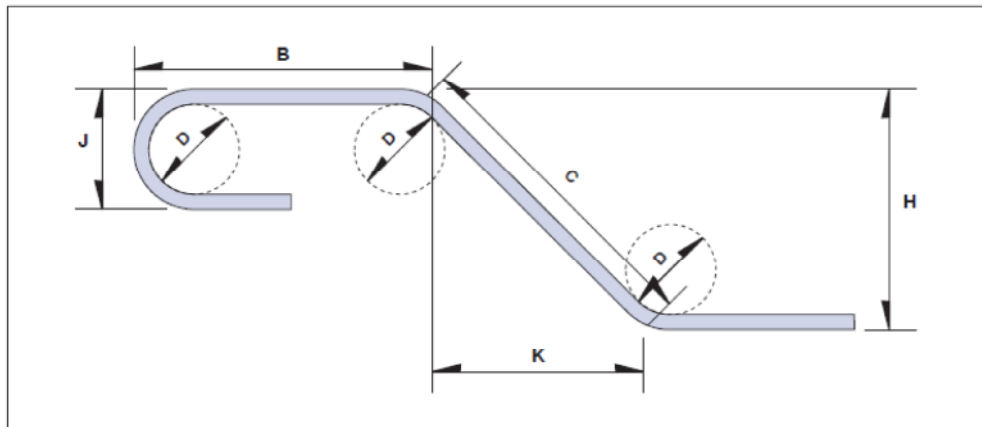
Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Figura 1.5b. Formas típicas de barras dobladas



Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Figura 1.6. Vista aumentada de los detalles de curvatura



Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

1.3 DOBLADO DE BARRAS

1.3.1 Doblado de las barras de acero

Las normas vigentes establecen que las barras de acero de refuerzo para hormigón deben doblarse en frío, salvo en los casos que se consideren excepcionales o cuando el ingeniero estructural considere otra cosa, y ninguna armadura debe doblarse si está parcialmente embebida en el hormigón, al menos que los planos de diseño manifiesten lo contrario o el ingeniero encargado lo permita.

En algunos casos, mientras se va ejecutando la obra, es necesario realizar el doblado de barras que se encuentran embebidas en el hormigón, y si las condiciones se prestan para realizar esta tarea, el ingeniero deberá determinar si las barras se pueden doblar en frío o si es necesario realizar un precalentamiento de las mismas. Si se opta por este procedimiento, los dobleces deben realizarse de forma gradual, procurando enderezar las armaduras a la medida que se requiere.

A medida que se va efectuando el calentamiento de las barras embebidas, se debe evitar el contacto de calor con el hormigón con el fin de no ocasionar daños en la estructura del mismo. “Si el área de doblado se encuentra, aproximadamente, a 15

centímetros del hormigón puede ser necesario utilizar algún sistema de protección”³. El control de la temperatura de calentamiento de las barras se realiza a través de crayones térmicos o por cualquier otro tipo de control que sea el adecuado. Las barras calentadas no deben enfriarse por medios artificiales (con agua o aire frío a presión), puesto que el cambio brusco de temperatura altera la estructura del material; más bien, es recomendable dejar que la temperatura descienda de forma natural.

Para conseguir el doblado de las barras de acero de refuerzo, existen algunas alternativas de trabajo, dentro de las cuales se encuentran el método tradicional de fabricación como es el doblado manual de barras en la que se emplea el esfuerzo humano mediante la utilización de instrumentos o herramientas manuales como tubos o palancas de acero, a través de bancos de doblado diseñados para este efecto,

Otro método es la utilización de dobladoras semiautomáticas, que simplifican la labor manual de manera considerable, especialmente cuando las barras presentan grandes diámetros que son difíciles de doblar de forma manual.

El método industrializado es la tercera alternativa de fabricación, en la que se cuenta con máquinas automáticas que son capaces de doblar más de una barra a la vez, ya que este tipo de maquinaria viene incorporado con un procesador que permite realizar la programación correspondiente a la fabricación que se requiera. Estas máquinas tienen una alta productividad y una fina precisión.

En el capítulo dos se describe de mejor manera el funcionamiento de éstas máquinas, de acuerdo a la alternativa que se crea conveniente.

Cualquiera que sea el método de fabricación que se vaya a utilizar, es aconsejable que el doblado se realice en un lugar lo más cercano posible a la actividad de corte de las barras, además que el lugar seleccionado sea lo suficientemente amplio para poder realizar de mejor manera el figurado además de poder almacenarlo.

³ RONDON, Carlos, Op.Cit., p.76.

1.3.2 Ganchos normales

El Código de Diseño de Hormigón Armado ACI 318 emplea el término gancho normal con uno de los significados siguientes:

- a. Doblez de 180° más una extensión "K", de 4 veces el diámetro nominal d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho, pero no menor de 65 mm.
- b. Doblez de 90° más una extensión "K", de 12 veces el diámetro nominal d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho.
- c. Para estribos y ganchos de amarra normales:
 - Barras de diámetro nominal $d_n 16$ y menores, doblez de 90° más una extensión "K", de 6 veces el diámetro d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho.
 - Barras de diámetro nominal $d_n 18$ a $d_n 25$, doblez de 90° más una extensión "K", de 12 veces el diámetro nominal d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho.
 - Barras de diámetro nominal $d_n 25$ y menores, doblez de 135° más una extensión "K", de 6 veces el diámetro nominal d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho.
- d. Ganchos sísmicos para estribos, cercos o trabas:
 - Doblez de 135° más una extensión "K", de 6 veces el diámetro nominal d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho
 - .Para cercos circulares, doblez no menor a 90° más una extensión "K", de 6 veces el diámetro nominal d_n de la barra, hasta el borde libre o extremo del gancho.

1.3.3 Diámetros mínimos de doblado

De acuerdo a lo establecido por el Código ACI 318, los diámetros de doblado para las barras con ganchos normales, estribos normales, ganchos de amarras y amarras cerradas o cercos, no deben ser menores que los valores indicados en la tabla 1.2, de otro modo las barras se someterán a esfuerzos excesivos que pueden llegar a

ocasionar quiebres, grietas o fisuras e inutilizarlas, debido a las tensiones a que es sometido el acero.

Todos los dobleces normales de las barras, se describen en términos del diámetro interior de doblado, ya que éste resulta más fácil de medir que el radio de dicho doblez.

Tabla 1.2. Ángulos de doblado, diámetros mínimos y extensiones para barras y estribos con ganchos (ACI 318)

Elemento	d_n Barra mm	Angulo del Doblez	d_n Mínimo de Doblado	Extensión K
Barra con gancho normal	10 a 25	180°	$6d_n$	$4d_n$ 65 mm
	28 a 36	180°	$8d_n$	$4d_n$ 65 mm
	10 a 25	90°	$6d_n$	$12d_n$
	28 a 36	90°	$8d_n$	$12d_n$
Estribos y ganchos de amarra	8 a 16	90°	$4d_n$	$6d_n$
	18 a 25	90°	$6d_n$	$12d_n$
	8 a 16	135°	$4d_n$	$6d_n$
	18 a 25	135°	$6d_n$	$6d_n$
Gancho sísmico de un estribo, traba o cerco	8 a 25	90° y 135°	$6d_n$	$6d_n$ 75 mm

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

1.4 MEDIDAS MÍNIMAS PARA BARRAS CON GANCHOS

Conforme a lo señalado en el numeral 1.3.2 y en la tabla 1.2, en las secciones siguientes se incluyen las medidas mínimas para las barras de refuerzo para hormigón con ganchos normales de 90° y 180°, estribos normales y ganchos de amarra de 90° y 135° y ganchos sísmicos para estribos continuos, cercos o trabas con doblez de 135° y cercos circulares con doblez de 90°.

1.4.1 Barras con ganchos normales

En la tabla 1.3 y en la tabla 1.4, se indican las medidas mínimas de doblado para barras con ganchos normales con un ángulo de 90° y 180° respectivamente.

Tabla 1.3. Medidas mínimas para barras con ganchos normales

d_n Barra mm	D mm	K mm	H mm	L (*) mm	Doble de 90°
10	65	120	160	183	
12	72	144	192	219	
16	96	192	256	286	
18	108	216	288	329	
22	132	264	352	402	
25	150	300	450	536	
28	224	336	476	556	
32	256	384	544	635	
36	288	432	612	715	

(*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Tabla 1.4. Medidas mínimas para barras con ganchos normales

d_n Barra mm	D mm	K mm	H mm	L (*) mm	Doble de 180°
10	65	60	80	186	
12	72	60	116	211	
16	96	64	128	265	
18	108	72	144	298	
22	132	88	176	365	
25	150	100	200	414	
28	224	112	280	552	
32	256	128	320	631	
36	288	144	360	710	

(*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

1.4.2 Estribos normales y ganchos de amarra

En la tabla 1.5 y en la tabla 1.6 se indican las medidas mínimas de doblado para estribos normales y ganchos de amarra con un ángulo de 90° y 135° respectivamente.

Tabla 1.5. Medidas mínimas para estribos normales y ganchos de amarra

d_n Barra mm	D mm	K mm	H mm	L (*) mm	Doblez de 90°
8	32	48	72	86	
10	40	60	90	107	
12	48	72	108	129	
16	64	96	144	171	
18	108	216	288	329	
22	132	264	352	402	
25	150	300	400	457	

(*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Tabla 1.6. Medidas mínimas para estribos normales y ganchos de amarra

d_n Barra mm	D mm	K mm	H mm	L (*) mm	Doblez de 135°
8	32	48	80	123	
10	40	60	100	154	
12	48	72	120	185	
16	64	96	160	247	
18	108	108	215	320	
22	132	132	265	391	
25	150	150	300	445	

(*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

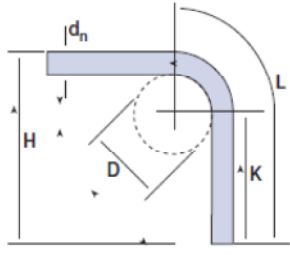
1.4.3 Ganchos sísmicos

De acuerdo a lo establecido por el Código de Diseño de Hormigón Armado ACI 318, se debe considerar que: Para amarras cerradas y amarras enrolladas en forma continua definidos como cercos, se necesita un doblado de 135°, excepto que los cercos circulares deben tener un doblado a 90°. Los ganchos deben tener una

extensión "K" de al menos 6 veces el diámetro d_n de la barra, pero no menor a 75 mm.

En la tabla 1.7 y en la tabla 1.8, se indican las medidas mínimas de doblado para barras con ganchos sísmicos en cercos circulares y trabas con un ángulo de 90° y amarras cerradas continuas con un ángulo de 135° .

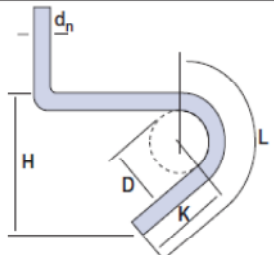
Tabla 1.7. Medidas mínimas para ganchos sísmicos en cercos circulares y trabas

d_n Barra mm	D mm	K mm	H mm	L (*) mm	Doblez de 90°
8	48	75	107	138	
10	60	75	115	154	
12	72	75	123	169	
16	96	96	160	222	
18	108	108	180	249	
22	132	132	220	305	
25	150	150	275	346	

(*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Tabla 1.8. Medidas mínimas para ganchos sísmicos en amarras cerradas continuas

d_n Barra mm	D mm	K mm	H mm	L (*) mm	Doblez de 135°
8	48	75	115	169	
10	60	75	130	193	
12	72	75	146	216	
16	96	96	191	284	
18	108	108	215	320	
22	132	132	265	391	
25	150	150	300	445	

(*) La longitud total del gancho (L) está medida por la cara exterior de la barra.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

1.4.4 Tolerancias de fabricación

Según lo recomendado y aceptado por el "ACI Detailing Manual", del Comité ACI 315 y de acuerdo a los códigos de la tabla 1.9 y a las figuras 1.7a, 1.7b y 1.8, se muestran las tolerancias estándares de fabricación para diferentes tipos o formas de barras de diámetros 8 a 36 mm.

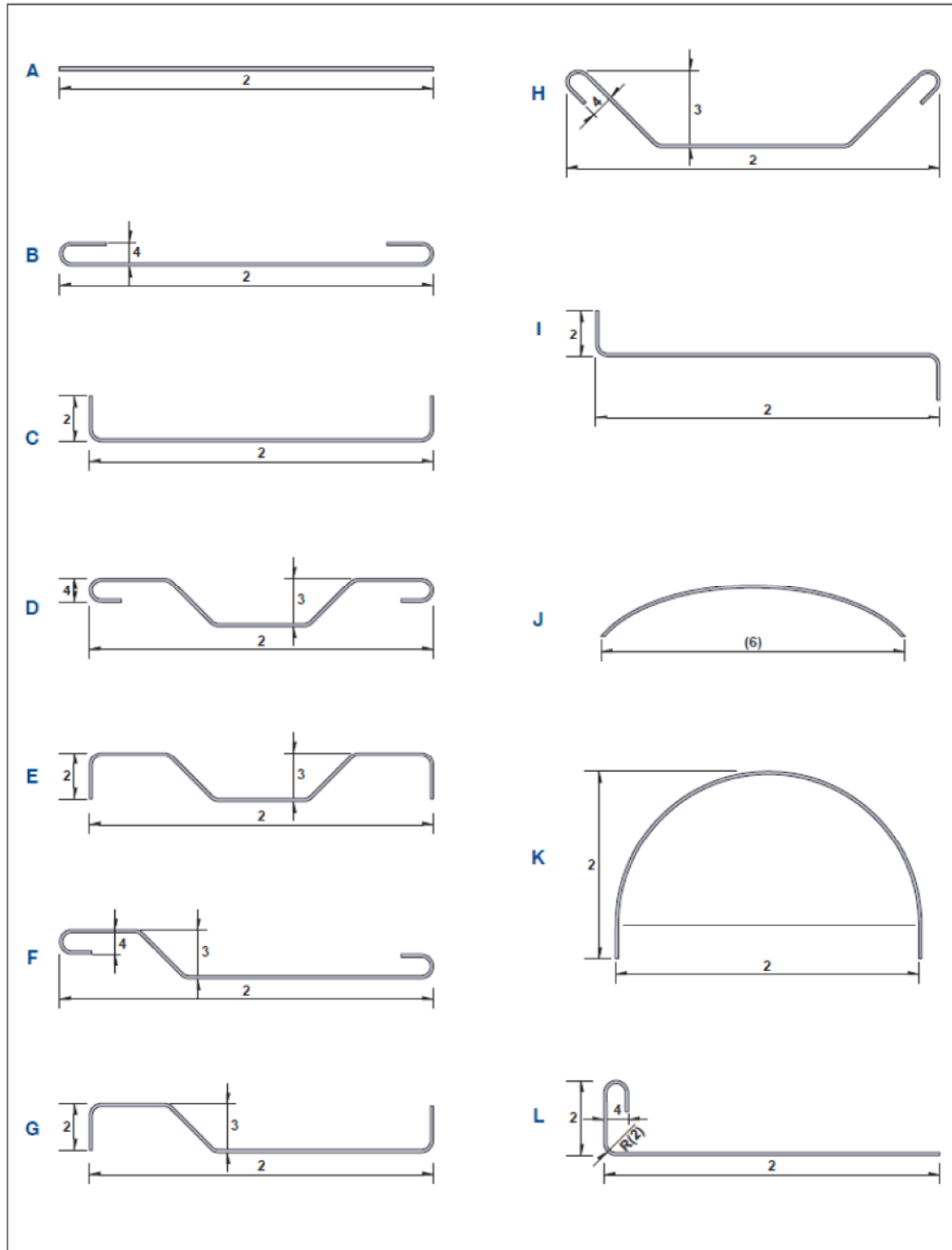
A modo de ejemplo, si tenemos una barra de Ø28 con dobleces y ganchos, tal como la del tipo D de la figura 1.7a, podemos observar que ésta barra presenta los números 2, 3 y 4. Estos números corresponden a códigos asignados de acuerdo a las tolerancias de fabricación y empleando el significado de la tabla 1.9, tenemos que las tolerancias para ésta barra son de 25 milímetros para el largo total extremo-extremo de la pieza, + 0 ó -12 milímetros para la altura total de ella y 12 milímetros para la altura de los ganchos extremos respectivamente.

Tabla 1.9. Simbología y tolerancias de fabricación

Código	d _n Barra mm	Tolerancias
1	8 a 16	± 12 mm: para un largo Extremo-Extremo de la barra < 3.600 mm
1	8 a 16	± 25 mm: para un largo Extremo-Extremo de la barra ≥ 3.600 mm
1	18 a 25	± 25 mm
2	8 a 36	± 25 mm
3	8 a 36	+0 ó -12 mm
4	8 a 36	± 12 mm
5	8 a 36	± 12 mm: para diámetros ≤ 750 mm
5	8 a 36	± 25 mm: para diámetros > 750 mm
6	8 a 36	± 1,5% del largo de la cuerda, a ± 50 mm

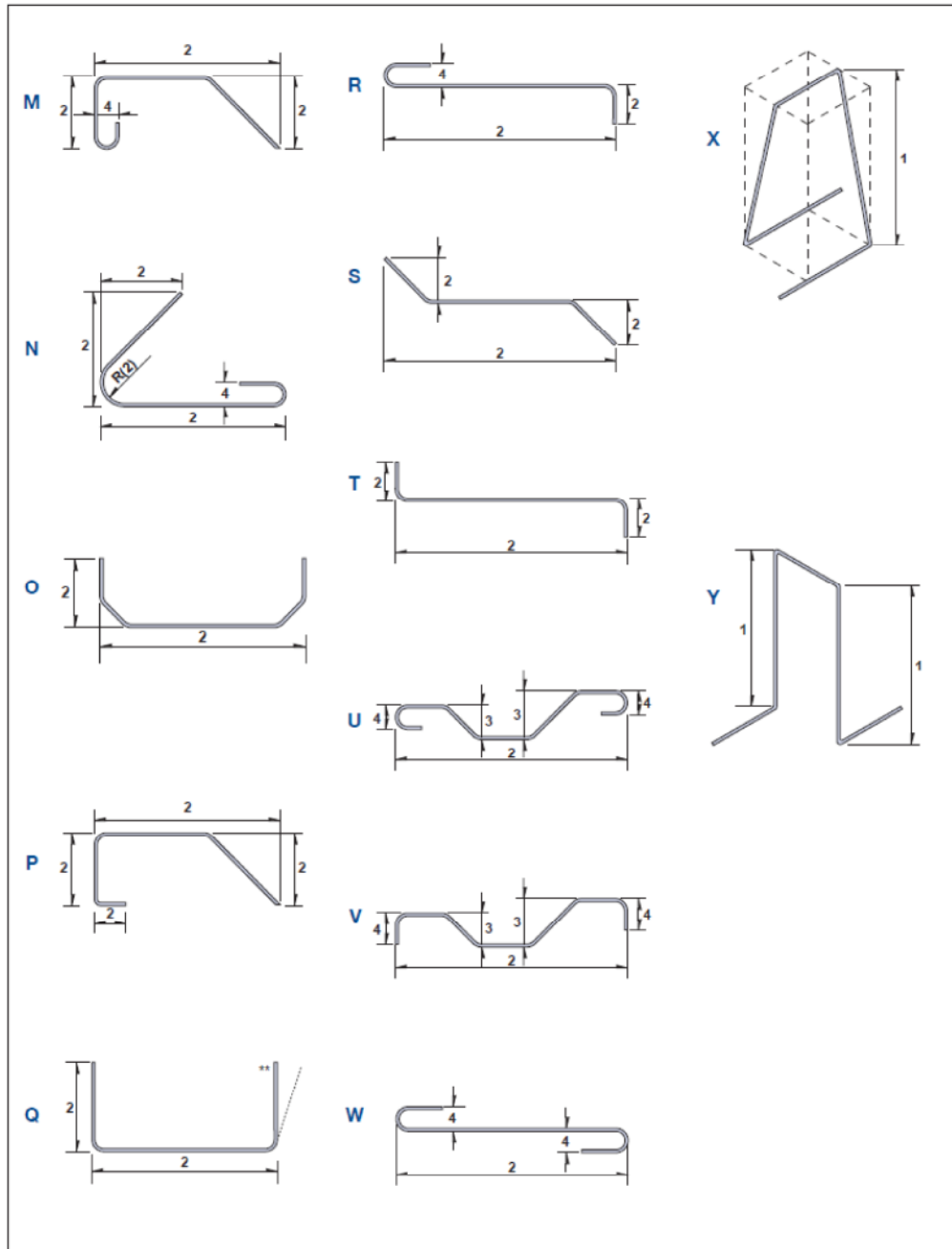
Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Figura 1.7a. Tolerancias estándar de fabricación barras dobladas (ACI 315)



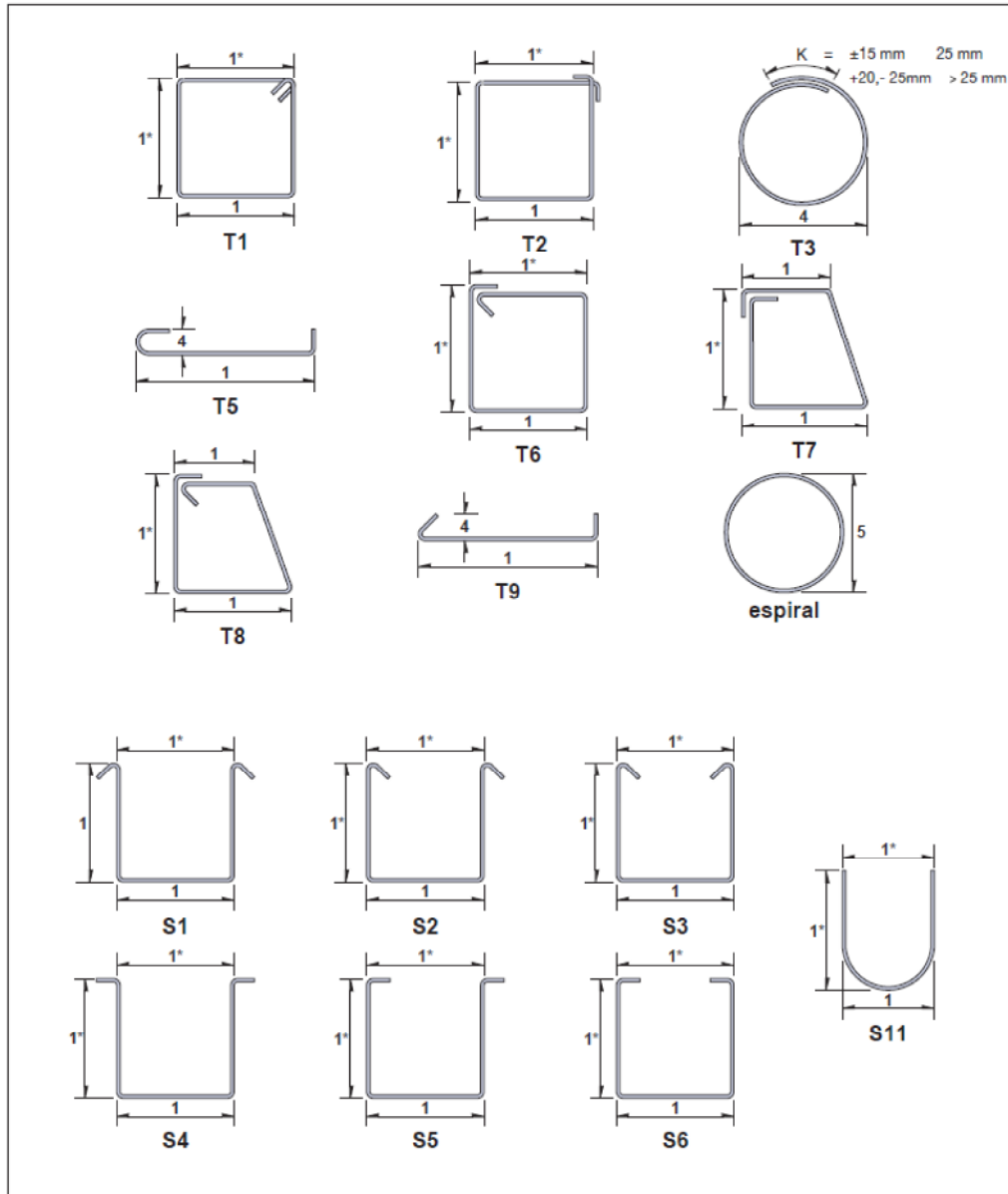
Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Figura 1.7b. Tolerancias estándar de fabricación barras dobladas (ACI 315)



Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

Figura 1.8. Tolerancias estándar de fabricación estribos



* Las dimensiones en esta línea deberán estar dentro de la tolerancia indicada, pero no deberán diferir de la dimensión paralela opuesta en más de 12 mm.

** Desviación angular: máximo $\pm 2,5^\circ$ ó $\pm 4 \text{ cm/m}$, pero no menos que 12 mm, en todos los ganchos y curvas de 90° .
Las tolerancias para los tipos S1, S6, S11, T1, T3, T5 y T9 se aplican sólo para barras de 8 a 25 mm. de diámetro inclusive.

Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

1.5 CORROSIÓN DE LAS BARRAS DE REFUERZO

1.5.1 Definiciones básicas

La oxidación y la corrosión, son algunas de las causales principales que pueden afectar a las barras de refuerzo en cuanto a la variación de sus características dimensionales y propiedades mecánicas.

a. Oxidación⁴

Se entiende por oxidación al ataque producido por una reacción gas-metal que forma una película de óxido que se desarrolla lenta y progresivamente con el acero expuesto a la intemperie, sin protección, a temperatura ambiente y entornos medianamente corrosivos, y que en la práctica no ocasiona un deterioro significativo a la superficie de las barras antes de dos años aproximadamente, excepto que existan en la atmósfera concentraciones de agentes muy agresivos.

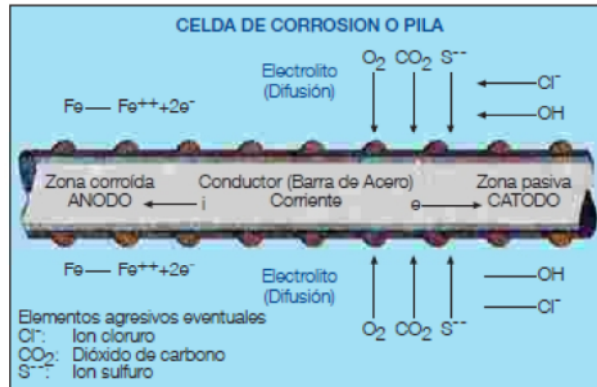
b. Corrosión electroquímica⁵

Se entiende por corrosión de naturaleza electroquímica del acero, al ataque que se produce en un medio acuoso que ocurre cuando se forma una película de electrolito sobre la superficie de las barras, la cual es causada por la presencia de humedad. Este tipo es el que permite la agresión que experimentan las barras expuestas al medio que las rodea durante un tiempo relativamente largo antes de ser utilizadas o a través del hormigón si están embebidas, dando lugar a la formación de una gama de óxidos/hidróxidos de hierro, que son elementos de color pardo rojizos, o rojizos, pulverulentos, grumosos y porosos, denominados herrumbre. Este tipo de corrosión se muestra en la figura 1.9.

⁴ RONDON, Carlos, Op.Cit., p.144.

⁵ RONDON, Carlos, Ídem, p.145.

Figura 1.9. Esquema de celda de corrosión o pila



Fuente: Carlos Rondón, Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón, 2008

c. Corrosión bajo tensión⁶

El proceso de corrosión bajo tensión se inicia con la nucleación de fisuras microscópicas en la superficie del acero, pudiendo una de ellas propagarse hasta una magnitud determinada a partir de la cual la velocidad de propagación es muy elevada, fallando finalmente el cable pre o post tensado de una manera frágil.

El mecanismo de la nucleación y esencialmente su propagación, es un fenómeno que aún está sujeto a controversia, dado que la nucleación se puede iniciar por un defecto superficial del acero, restos de óxido o una pequeña picadura o punto de corrosión y la propagación de una fisura se puede acelerar por la generación de hidrógeno atómico en el fondo de la fisura.

d. Corrosión por corrientes de interferencia⁷

Las corrientes de interferencia, también conocidas como erráticas, de fuga o vagabundas, pueden ser definidas como aquellas que emanan en una estructura y que no forman parte del circuito eléctrico/celda electroquímica específica, y para que

⁶ RONDON, Carlos, Ídem, p.145.

⁷ RONDON, Carlos, Ídem, p.146.

ocurran debe existir un intercambio de corriente entre una estructura metálica y un medio electrolítico.

Independiente de la fuente, las corrientes que se irradian en un medio electrolítico son manifestaciones de diferencias de voltaje, por lo que si en el entorno de estos gradientes de voltaje se encuentra situada una estructura de hormigón reforzada con acero, puede existir un intercambio de corriente con el mismo donde el punto de entrada se comportaría como cátodo, pero la salida sería la zona anódica que podría causar la disolución del metal, produciendo su corrosión.

e. Corrosión galvánica⁸

Este tipo de corrosión se puede dar cuando existen dos metales diferentes en el medio electrolítico, sin embargo el contacto del acero con inoxidable o acero-cobre, en general, no produce la corrosión. Por otra parte, el contacto del acero con zinc o aluminio puede ser incluso favorable, ya que induce una cierta protección catódica a la armadura.

En el caso del acero de refuerzo embebido en el hormigón, esta circunstancia se dará cada vez que en alguna zona de las barras se dañe o no se forme la capa pasiva característica, actuando esta zona como un ánodo frente al resto del material donde permanece la pasividad, la cual se comportará como cátodo.

Este mecanismo también se podría presentar cuando la armadura se encuentre en contacto con otros conductores más nobles y, en general, se asocia al funcionamiento de una macro celda que como ejemplo típico ocurre en el caso de barras exteriores que se corroen al ingresar los cloruros, mientras que las interiores permanecen pasivas.

⁸ RONDON, Carlos, Ídem, p.147.

CAPÍTULO 2

MAQUINARIA PARA LA FIGURACIÓN

La maquinaria utilizada para el figurado en barras de acero viene dada a través de la evolución de la tecnología y los medios de fabricación para la consecución del producto en sí, además de la demanda que presenta el mercado en este caso, de la construcción, que exige una mayor producción por parte de las constructoras asociadas o independientes para realizar las obras en el menor tiempo posible, reducir costos y obtener un producto que sea de calidad y que cumpla con las expectativas técnicas de fabricación.

A partir de este requerimiento, se presentan alternativas de maquinaria que pueden utilizarse para la elaboración de figurado, las mismas que presentan características propias de acuerdo al método que se crea conveniente.

2.1 Alternativa 1. Figuración manual

Se denomina figuración manual al proceso de elaboración de figuras en barras de acero realizadas bajo esfuerzo humano sin la ayuda de ninguna máquina, herramienta o instrumento tecnológico, en base al conocimiento y experiencia de la persona que lo ejecuta.

La figuración mediante este método es común en nuestro país, ya que resulta una forma fácil, rápida y poco costosa de obtener productos de estas características, sin embargo, puede ocasionarse fallas, rupturas o fisuras a medida que se va realizando el trabajo.

Se la realiza a través de bancos de trabajo diseñados, o en la mayoría de los casos, en puestos de trabajo improvisados, en los que se emplea un tubo de acero o cualquier elemento que sirva como palanca para poder doblar la barra de acero y obtener la

figura deseada. Los diámetros de curvatura se obtienen a partir de los pedazos de acero o de cualquier material que sea duro y resistente que se encuentran fijos al puesto de trabajo y que son colocadas a cierta distancia entre sí de acuerdo a las medidas de la figura solicitada.

Una vez que se ha establecido las adecuaciones necesarias para la figura a realizarse en el banco de trabajo, la persona encargada de realizar las figuras emplea su fuerza a través de la palanca para poder doblar y dar forma al producto requerido.

Como se puede apreciar, este método es artesanal y poco preciso, en el que no se está aplicando ningún tipo de criterio técnico para su realización y se está exponiendo la salud de la persona que realiza esta labor, además de comprometerla a algún tipo de accidente laboral. Este procedimiento requiere de tiempo para poder conseguir una cantidad considerable de figuras para poder empezar a colocarlas en el sitio que ha sido determinado. Este proceso se vuelve limitado debido a que a las barras de acero de grandes diámetros, es difícil de doblarlas a mano, por lo que resulta necesario emplear otro método para su ejecución. En la figura 2.1 se muestra la manera en que se realiza el figurado de las barras de acero por medio del doblado manual.

Figura 2.1. Doblado manual de barras



Por otro lado, esto permite al constructor obtener las figuras requeridas en el mismo sitio donde se está desarrollando la obra sin necesidad de utilizar algún tipo de transporte.

2.2 Alternativa 2. Figuración por dobladora semiautomática

La figuración por dobladora semiautomática es un método intermedio entre la figuración manual y la figuración por estribadora automática en la que interviene la mano humana con la ayuda de una máquina denominada dobladora.

2.2.1 Descripción de la dobladora semiautomática

La dobladora semiautomática es una máquina que está compuesta por un sistema eléctrico que controla a un motor que es el encargado de dar la fuerza necesaria para realizar el doblado de las barras de acero, a través de una caja reductora de velocidades. En algunos casos, además del sistema eléctrico, la máquina puede presentar un sistema alterno hidráulico o electrohidráulico como complemento, dependiendo de los requerimientos de trabajo.

Esta máquina consta de un pedal que acciona un motor eléctrico que permite la realización del figurado. Además, presenta una bancada en la que se encuentra un plato giratorio por la que pasan las barras de acero. Este plato giratorio consta de una serie de agujeros tanto en el interior como en su perímetro. En el centro del plato se encuentra colocado un eje que se acopla a la caja de transmisión y en el que se pueden colocar bujes o matrices que son intercambiables dependiendo del diámetro de curvatura de doblado. En los agujeros internos se coloca un eje guía que empuja a la barra de acero hacia el buje o matriz para el doblado a medida que el plato va girando. En los agujeros que se encuentran alrededor del diámetro del plato van colocados unos pines que actúan como interruptores de inicio y final de carrera. Estos pines son colocados de acuerdo al ángulo de doblado que se requiere.

Lateralmente la bancada cuenta con unas guías agujeradas en la que va colocado un brazo que es el encargado de guiar a la barra de acero y soportar la fuerza que se realiza a medida que se va doblando a la misma.

2.2.2 Funcionamiento de la dobladora semiautomática

La persona encargada de realizar el figurado, coloca los pines de inicio y final de carrera en el plato giratorio en los agujeros que se encuentran en la periferia del mismo, de acuerdo al ángulo que se requiera doblar las barras de acero o dependiendo de la figura que se vaya a realizar. Asimismo, coloca el buje o matriz en el eje de transmisión de acuerdo al diámetro de curvatura de doblado.

Cuando se ha preparado a la máquina para el trabajo, el operario toma las barras de acero que han sido previamente cortadas a las medidas requeridas y las introduce entre la matriz del diámetro de curvatura, el eje guía de doblado y el brazo. Una vez que las barras de acero han sido puestas a nivel, es decir, a la misma altura entre barras, el operador presiona con su pie el pedal que acciona el motor, trasladando la velocidad a la caja reductora y que ésta a su vez transfiere el movimiento hacia el eje de transmisión que conecta el plato con la caja, permitiendo que el plato comience a girar, logrando que las barras de acero empiecen a doblarse por medio del eje guía y la fuerza de empuje que genera el doblado sea soportada por el brazo guía de la máquina.

Cuando se ha conseguido el ángulo requerido de doblado, el pin de final de carrera acciona el regreso del plato a su posición inicial y se detiene el motor, permitiendo retirar las barras de acero que han sido dobladas y preparar la bancada para una nueva carga de trabajo.

Como se puede apreciar, este procedimiento es seguro, confiable y técnico, ya que se cuenta con matrices que permiten realizar el doblado. Además, se puede realizar la figuración de más de una barra a la vez, dependiendo del diámetro, lográndose ahorrar tiempo e incrementando la capacidad de producción. Asimismo, se puede

elaborar cualquier tipo de figuras en cualquier momento sin necesidad de tener que realizar un cambio considerable de accesorios para cada tipo de trabajo. En la figura 2.2 se indica el método de figurado de barras de acero mediante dobladora semiautomática.

La dobladora semiautomática se puede emplear para realizar los diferentes tipos de figuras en el sitio de la obra, o como maquinaria en una planta industrial, ya que algunas son portátiles y otras fijas.

Figura 2.2. Figurado de barras de acero mediante dobladora semiautomática



2.3 Alternativa 3. Figuración por estribadora automática

La figuración por estribadora automática es un método más complejo y avanzado de fabricación. Este procedimiento es totalmente automático y no se necesita la mano humana, más que para realizar la programación.

2.3.1 Descripción de la estribadora automática

La estribadora, como la de la figura 2.3, es una máquina-herramienta tipo CNC (Control Numérico Computarizado), que funciona a través de un lenguaje de

programación propia del fabricante para cada tipo, modelo y serie de máquina. Constan de una central de cómputo en el que se realiza las diferentes configuraciones y accesos a los menús de trabajo, además de permitir la programación del tipo de figura y medidas que se desea realizar. Cuenta con una capacidad de memoria que permite almacenar todos los tipos de trabajo que se han realizado a través del registro que posee, permitiendo en algunos casos sólo modificar las medidas para proceder a trabajar.

La estribadora automática está compuesta de tres partes importantes: la parte eléctrica, hidráulica e informática, y que se complementan entre sí, porque cada una depende de la otra, sin embargo, la parte más importante de esta máquina es la informática, debido a que en su interior, en el panel de control, se encuentra la denominada “tarjeta madre” o tarjeta de control que es la que recibe la información desde el ordenador, interpreta el lenguaje de programación y distribuye las órdenes a los diferentes elementos.

El interior de la máquina además está compuesto por un motor eléctrico, la bomba electrohidráulica, válvulas solenoides, pistones, termostatos, mangueras de transmisión de fluidos, sistemas de enfriamiento, tanque de aceite, otros actuadores, instrumentos de control, etc.

La parte externa la conforma el sistema de enderezado principal, sistema de enderezado secundario, sistema de corte de barras de acero figuradas, mandril de doblado de las barras de acero, entre otros. Algunas máquinas presentan también un panel analógico por medio del cual se puede regular los sistemas de enderezado a medida que se está trabajando, además del respectivo control para detener el trabajo de la máquina en caso de emergencia.

2.3.2 Funcionamiento de la estribadora automática

La materia prima es colocada en la alimentación de la máquina, la cual atraviesa el sistema de enderezado principal y después el sistema de enderezado secundario hasta

llegar al sitio donde se coloca el material en el cero pieza, mediante el corte de un pedazo pequeño de material, el cual es registrado por el ordenador para empezar el trabajo. El material pasa por este sistema de enderezado debido a que la materia prima para este tipo de máquinas es adquirido en rollos.

Una vez que se ha puesto a punto la máquina, se procede a programar en el ordenador el tipo de figura que se requiere con sus respectivas medidas, la cantidad requerida, la velocidad a la que se desea trabajar, entre otros aspectos. Conseguido esto, se procede a ejecutar el programa y la máquina empieza a producir. Alcanzado el número de unidades demandadas, la máquina se detiene en espera de nuevas instrucciones.

Este tipo de máquinas pueden ser verticales como horizontales, manteniéndose en algunos de los casos con la misma configuración y disposición de sus partes, o dependiendo de la capacidad de producción que se requiera.

Existen máquinas que pueden trabajar desde un hilo en adelante, es decir, que pueden hacer más de una barra de acero figurado a la vez, con la ayuda de los canales que presentan los rodillos del sistema de enderezado en ambos casos.

Figura 2.3. Estribadora automática



Al utilizar esta máquina se consigue mucha más precisión en las medidas, logrando realizar el trabajo de forma rápida y precisa, ahorrando tiempo, dinero y obteniendo una alta productividad.

Este método es aplicado únicamente para la industria, debido a que las dimensiones y el peso de la máquina son considerables, imposibilitando transportarla hasta el sitio de la obra, lo que ocasionaría gastos en transporte y otros.

2.4 Selección de la mejor alternativa

De acuerdo a las descripciones señaladas anteriormente, de los métodos existentes para la realización de figurado de barras de acero, se presenta en la tabla 2.1 una comparación de las diferencias que existen entre las diversas alternativas. El puntaje señalado es sobre diez puntos.

Tabla 2.1. Alternativas de selección de la maquinaria o método adecuado para la elaboración de figurado.

	Alternativas de maquinaria para la elaboración de figurado		
	Manual	Dobladora semiautomática	Estribadora automática
Inversión	2	6	10
Mantenimiento	1	5	8
Cantidad de unidades a obtenerse	2	6	8
Tipo de figuras que se pueden realizar	2	8	7
Capacidad de producción	2	8	9
Precisión en la realización de figurado	2	7	10
Tiempo para la elaboración de figurado	4	8	6
Diámetros que se pueden trabajar	2	9	4
TOTAL PUNTAJE	17	57	62

Fuente: El autor

En conclusión, la alternativa que mejor se adapta a las necesidades de trabajo es el método de figuración por dobladora semiautomática, ya que como se puede apreciar en la tabla 2.1, presenta algunas ventajas en comparación con sus similares, que a pesar de ser también métodos adecuados y reconocidos, tienen cierto tipo de restricciones, lo cual en algunos casos, no justifica la inversión realizada, al menos que se trabaje en conjunto, principalmente en la industria.

Esta alternativa es además apropiada debido a que no presenta mayor dificultad tanto en el manejo y operación de la máquina como en la realización de figurado, y se lo puede realizar de forma rápida, segura y sin mayores inconvenientes.

CAPÍTULO 3

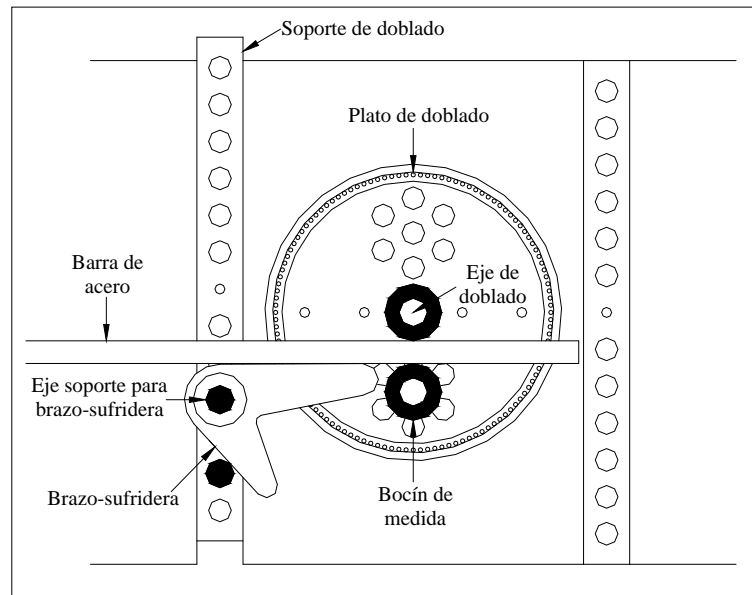
DISEÑO Y CÁLCULOS

3.1 CÁLCULO DE LA FUERZA EN EL DOBLADO

3.1.1 Análisis de las cargas que intervienen en el doblado

Para obtener el doblado de las barras de acero, se dispone del plato de doblado al que van acoplados la matriz de radio de curvatura y el eje guía o de doblado que ejerce la fuerza necesaria que permitirá deformar la barra de acuerdo a la forma requerida. En el doblado de la barra también interviene el brazo de doblado o sufridera, que soportará la carga como reacción a la fuerza de doblado. Esta disposición inicial se indica en la figura 3.1.

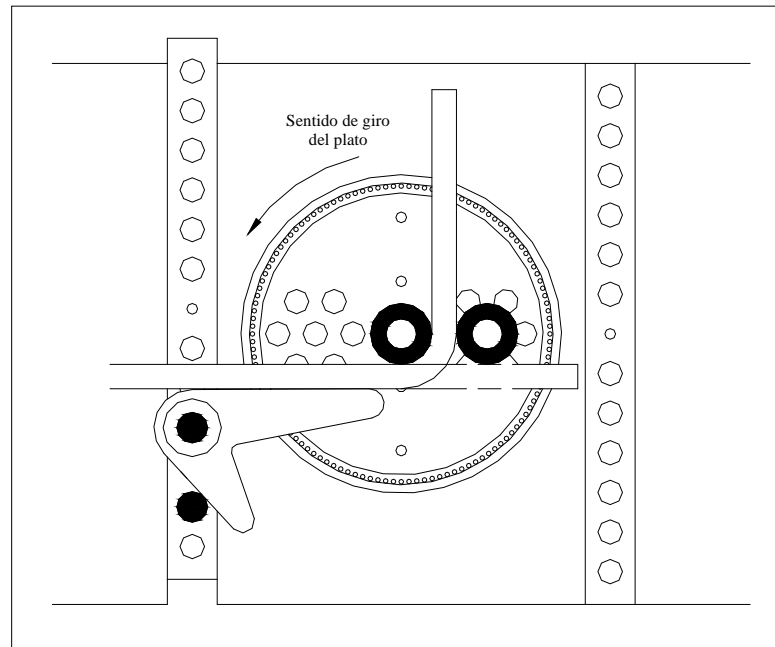
Figura 3.1. Posición inicial para el doblado de barras



Fuente: El autor

Una vez que se pone en funcionamiento la máquina a través del pedal de accionamiento, el plato de doblado empieza a girar en conjunto con la matriz y el eje guía, haciendo que éste ejerza una fuerza con la barra una vez que entran en contacto, la cual permitirá deformar plásticamente el material, como se indica en la figura 3.2.

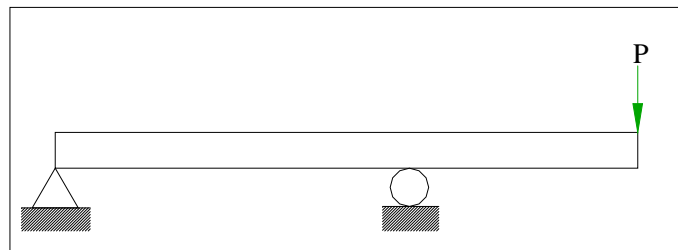
Figura 3.2. Doblado de la barra de acero



Fuente: El autor

La analogía para determinar la fuerza en el doblado se la puede comparar con una viga soportada en un apoyo con una carga concentrada en un extremo, como se muestra en la figura 3.3.

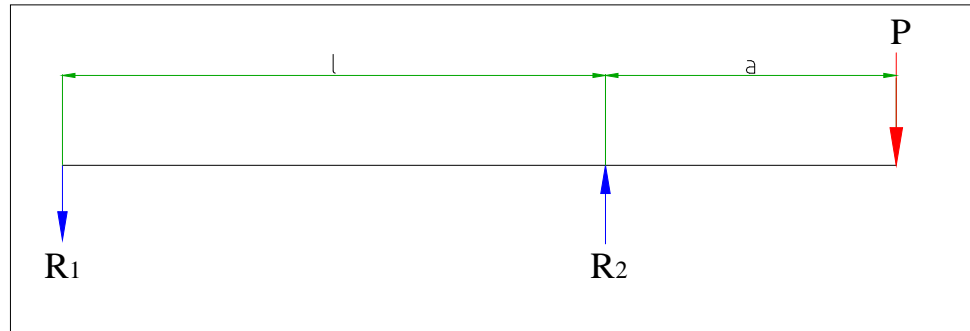
Figura 3.3. Viga soportada en un apoyo con carga concentrada en un extremo



Fuente: El autor

Al realizar el diagrama de cuerpo libre de la viga, se puede visualizar y determinar las reacciones y la fuerza ejercida, como lo muestra la figura 3.4

Figura 3.4. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: El autor

De acuerdo al anexo 2, las reacciones en los apoyos y el momento máximo que son dependientes de la fuerza P , están dadas por:

$$R_1 = V_1 = \frac{Pa}{l} \quad (3.1)$$

$$R_2 = V_1 + V_2 = \frac{P}{l}(l + a) \quad (3.2)$$

$$M_{\max} = Pa \quad (3.3)$$

Donde:

P : Fuerza de doblado [N]

M : Momento [$N.m$]

R_1, R_2 : Reacciones en los apoyos [N]

V_1, V_2 : Fuerzas cortantes [N]

l : Distancia entre apoyos [m]

a : Distancia entre la fuerza P y el apoyo más cercano [m]

3.1.2 Análisis de la fuerza en el doblado

Una de las consideraciones a tomarse en cuenta para calcular la fuerza en el doblado es el esfuerzo normal por flexión o límite de fluencia que presenta la barra de acero, debido a que en el punto de aplicación de la fuerza se va a producir un momento flector.

$$\sigma_y = \frac{M_y \cdot c}{I} \quad (3.4)$$

Donde:

σ_y : Límite de fluencia [kgf/cm^2]

M_y : Momento flector [$N.m$]

c : Distancia desde el eje neutro a la fibra más alejada [m]

I : Momento de inercia [m^4]

Despejando el momento flector de la ecuación (3.4), se obtiene:

$$M_y = \frac{\sigma_y \cdot I}{c} \quad (3.5)$$

La fuerza a determinar debe ser tal que pueda deformar la barra de acero, de manera que el material supere la zona elástica hasta pasar a la plástica. De este modo, el momento generado en el punto de aplicación de la fuerza se lo denomina momento plástico. El momento plástico está determinado por la fórmula:

$$M_p = k M_y \quad (3.6)$$

Donde:

M_p : Momento plástico [$N.m$]

k : Factor de forma de la sección transversal

M_y : Momento flector [$N.m$]

De acuerdo al anexo 3, el factor de forma k para una barra maciza es de $k = 1.7$, por lo que, sustituyendo el factor k y la ecuación (3.5) en la ecuación (3.6) se obtiene:

$$M_p = 1.7 \frac{\sigma_y I}{c} \quad (3.7)$$

El momento máximo generado en la viga por la acción de la fuerza aplicada que se expresó en la ecuación (3.3), se denominará como momento plástico, debido a que la fuerza aplicada deformará el material haciéndolo pasar a su zona plástica, por lo tanto:

$$M_{m\acute{a}x} = M_p = Pa \quad (3.8)$$

De esta forma, al obtener el momento plástico por medio de la fórmula del esfuerzo normal por flexión y además por la fuerza aplicada en la viga, se pueden igualar las ecuaciones (3.7) y (3.8), obteniéndose:

$$Pa = 1.7 \frac{\sigma_y I}{c} \quad (3.9)$$

Despejando la fuerza P aplicada de la ecuación (3.9), se tiene:

$$P = 1.7 \frac{\sigma_y I}{a.c} \quad (3.10)$$

3.1.3 Cálculo de la fuerza en el doblado

Una vez que se ha planteado la ecuación para encontrar la carga P , se puede realizar los cálculos respectivos para conocerla. Para esto es necesario conocer las características que presenta el material.

a. Material a doblar

Son barras de acero que cumplen la función de refuerzos en las estructuras de hormigón armado. Los diámetros de las barras que generalmente se utilizan son: 8,

10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25 y 32 mm., respectivamente, en acero de grado 42, el cual presenta un límite de fluencia de $\sigma_y = 4218 \text{ kgf/cm}^2$, como hace referencia la tabla 1.1 del Capítulo 1.

El diámetro de referencia para realizar los cálculos es la barra de diámetro 32 mm., como se indica en la figura 3.5, debido a que presenta una sección transversal mayor y la fuerza para doblarla, por lo tanto, va a ser de mayor magnitud con respecto a los otros diámetros mencionados.

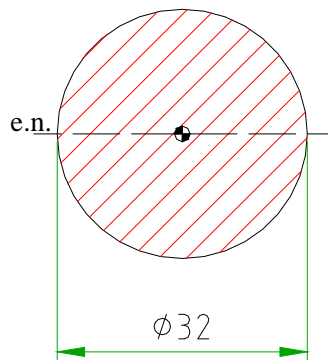


Figura 3.5. Barra maciza circular

b. Cálculo del momento de inercia

Para el cálculo del momento de inercia de una barra maciza de sección transversal circular, se tiene que:

$$I = \frac{\pi}{4} \cdot R^4 \quad (3.11)$$

Donde:

I : Inercia [m^4]

R : Radio de la sección transversal [m]

Por lo tanto:

$$I = \frac{\pi}{4} (0.016m)^4 = 5.147 \times 10^{-8} [m^4]$$

c. Cálculo de la distancia del eje neutro a la fibra más alejada

Como se indica en la figura 3.5, el eje neutro se encuentra en el centro de la sección circular, de modo que la distancia a la fibra más alejada será:

$$c = \frac{D}{2} = R \quad (3.12)$$

Por lo que:

$$c = 0.016 [m]$$

d. Distancia entre la fuerza P y el apoyo más cercano

La distancia comprendida entre la fuerza P y el apoyo más cercano, de acuerdo al plano es $a = 0.161m$.

Obtenidos todos estos valores, se reemplaza en la ecuación (3.10), de donde:

$$P = 1.7 \frac{\sigma_y \cdot I}{a \cdot c}$$

$$P = 1.7 \cdot \frac{4218 \text{kgf} \cdot 5.147 \times 10^{-8} m^4}{cm^2 \cdot 0.161m \cdot 0.016m} \cdot \frac{10000 cm^2}{1m^2}$$

$$P = 1432.73 [kgf] \quad 14055 [N]$$

3.2 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTORREDUCTOR

Una vez obtenida la fuerza que se requiere para doblar las barras de acero, se puede encontrar la potencia del motorreductor necesaria para generar dicha fuerza.

3.2.1 Cálculo del torque de salida

Encontrada la fuerza de doblado requerida, se procede a obtener el torque de salida mediante la fórmula:

$$T_2 = P \cdot a \quad (3.13)$$

Donde:

T_2 : Torque de salida [$N.m$]

P : Fuerza de doblado [N]

a : Distancia [m]

Entonces:

$$T_2 = (14055 \text{ N})(0.161 \text{ m})$$

$$T_2 = 2262.86 \text{ [N.m]}$$

3.2.2 Cálculo de la potencia utilizada

La potencia utilizada en el doblado de las barras de acero o potencia de salida se la encuentra mediante:

$$P_2 = T_2 \cdot n_2 \quad (3.14)$$

Donde:

P_2 : Potencia utilizada o potencia de salida [kW]

T_2 : Torque de salida [N.m]

n_2 : velocidad de giro del plato de doblado [rad/s]

De acuerdo a los requerimientos, el plato de doblado va a girar a una velocidad de 10 r.p.m., equivalente a 1.0472 rad/s. Por tanto:

$$P_2 = (2262.86 \text{ N.m})(1.0427 \text{ rad/s})$$

$$P_2 = 2369.67 \text{ [W]} \quad 2.4[\text{kW}] \quad 3[\text{hp}]$$

3.2.3 Cálculo de la potencia del motorreductor

Con la ayuda de la fórmula que se presenta en el anexo 4, se obtiene la potencia requerida por el motorreductor.

$$P_1 = \frac{T_2 \cdot n_2}{9550 \cdot \eta} \cdot fs \quad (3.15)$$

Donde:

P_1 : Potencia de entrada al reductor [kW]

T_2 : Par o torque a la salida del reductor [N.m]

n_2 : Velocidad a la salida del reductor [r.p.m.]

η : Eficiencia del reductor

fs : Factor de servicio de la máquina

De acuerdo a los datos de placa del motor, la eficiencia del reductor está dentro del rango del 90%.

El factor de servicio de la máquina va a considerarse como $f_s=1.50$, ya que el tipo de carga de la máquina es media y el funcionamiento de la misma será las 24 horas del día. Ver anexo 4.

Por lo tanto:

$$P_1 = \frac{(2262.86 \text{ N.m})(10 \text{ r.p.m.})}{9550(0.90)} (1.50)$$

$$P_1 = 3 \text{ [kW]} \quad 4 \text{ [hp]}$$

3.3 DISEÑO DEL PLATO DE DOBLADO

El plato de doblado es el elemento de máquina que va a permitir que la o las barras de acero puedan doblarse, a través del giro del mismo producido por el movimiento transmitido por el motor y reducido por la caja de transmisión, que al girar, provoca que los otros elementos que están sobre este roten en la misma dirección y sentido que lo hace el plato de doblado. Es en este giro donde actúa el eje de doblado que transmitirá la fuerza necesaria para realizar el doblado respectivo.

El diseño del plato tiene una relación directa con el diseño del motorreductor, debido a que el diseño del eje de transmisión del motorreductor será el que se conecte al plato de doblado, que por cálculos del fabricante es el adecuado para la transmisión de movimiento, así como también, los elementos de sujeción y unión. Estos datos se pueden apreciar en el anexo 5.

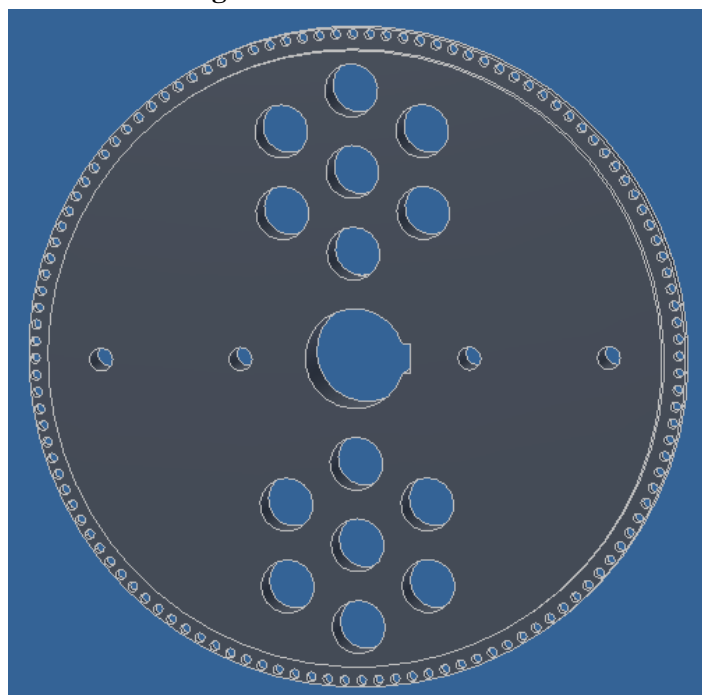
De acuerdo a estas referencias, el plato de doblado tendrá las características que se describen en la tabla 3.1 y que se pueden apreciar en la figura 3.6.

Tabla 3.1. Características del plato de doblado

Descripción	Medida
Diámetro de acople del eje de transmisión	60 mm
Diámetro de acople del eje de doblado (transmisión y posición)	32 mm
Chavetero	18x3,5x56 mm
Número de agujeros de la periferia	120
Ángulo entre centros de agujeros de la periferia	3 grados
Velocidad de giro	10 r.p.m.

Fuente: El autor

Figura 3.6. Plato de doblado



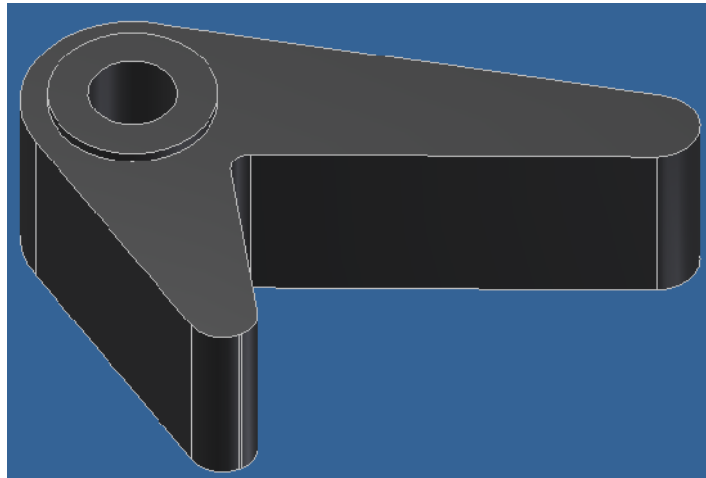
Fuente: El autor

3.4. CÁLCULO Y DISEÑO DEL BRAZO-SUFRIDERA

El brazo guía o brazo-sufridera es el elemento de máquina que va a soportar una de las fuerzas de reacción que ejerce la barra de acero al momento de doblarse, como se pudo apreciar en las figuras 3.1. y 3.2, debido a que este elemento sirve de apoyo.

La figura 3.7, muestra la forma que tiene este elemento.

Figura 3.7. Brazo guía o brazo-sufridera

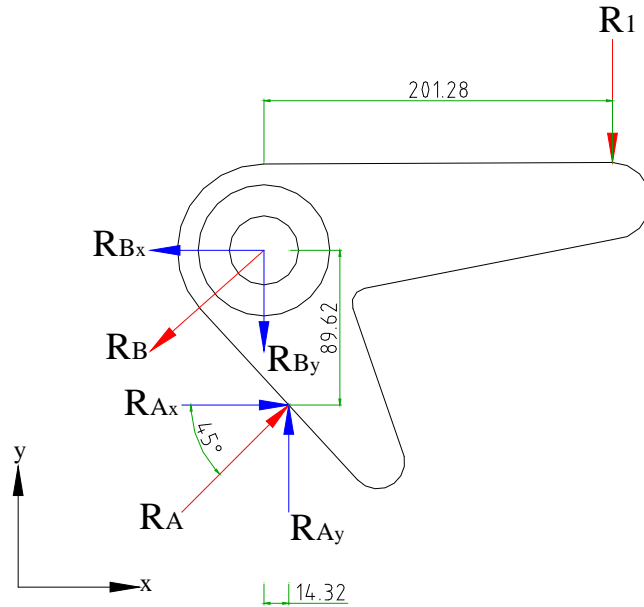


Fuente: El autor

3.4.1 Cálculo de las fuerzas que actúan en el brazo-sufridera

Las fuerzas que actúan en el brazo-sufridera se las puede observar en el diagrama de cuerpo libre de la figura 3.8.

Figura 3.8. Fuerzas que intervienen en el brazo-sufridera



Fuente: El autor

Para determinar la reacción R_1 , se emplea la ecuación 3.1 indicada al inicio de este capítulo.

$$R_1 = \frac{P \cdot a}{l}$$

$$R_1 = \frac{1432.73 \text{ kgf} \cdot 0.161 \text{ m}}{0.07122 \text{ m}}$$

$$R_1 = 3238.83 \text{ kgf}$$

Para encontrar las fuerzas de reacción que actúan sobre este elemento, se emplea las ecuaciones de equilibrio.

$$F_x = 0$$

$$R_{Ax} - R_{Bx} = 0$$

$$R_{Ax} = R_{Bx} \tag{3.16}$$

$$F_y = 0$$

$$R_{Ay} - R_{By} - R_1 = 0$$

$$R_{By} = R_{Ay} - R_1 \tag{3.17}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= 0 \\
 R_1(201.28 \text{ mm}) - R_{Ax}(89.62 \text{ mm}) - R_{Ay}(14.32 \text{ mm}) &= 0 \\
 R_{Ax} &= \frac{(3238.83 \text{ kgf})(201.28 \text{ mm}) - R_{Ay}(14.32 \text{ mm})}{89.62 \text{ mm}} \\
 R_{Ax} &= 7274.18 \text{ kgf} - 0.16R_{Ay} \tag{3.18}
 \end{aligned}$$

Utilizando la ecuación trigonométrica de la tangente, se encuentra la relación existente entre la fuerza R_{Ax} y R_{Ay} para poder resolver la ecuación 3.18.

$$\begin{aligned}
 R_{Ay} &= R_{Ax} \tan 45^\circ \\
 R_{Ay} &= R_{Ax} \tag{3.19}
 \end{aligned}$$

Sustituyendo este dato en la ecuación 3.18, y de acuerdo a la relación existente con las ecuaciones 3.16 y 3.19, resulta:

$$\begin{aligned}
 R_{Ax} &= 7274.18 \text{ kgf} - 0.16R_{Ax} \\
 R_{Ax} = R_{Bx} = R_{Ay} &= 6270.84 \text{ kgf} \tag{3.20}
 \end{aligned}$$

Aplicando el teorema de Pitágoras con las resultantes obtenidas, la fuerza que ejerce el eje doblado (soporte) es:

$$R_A = 8868.31 \text{ kgf} \tag{3.21}$$

Sustituyendo el valor de la ecuación 3.21 en la ecuación 3.17, se tiene que:

$$\begin{aligned}
 R_{By} &= 6270.84 \text{ kgf} - 3238.83 \text{ kgf} \\
 R_{By} &= 3032.01 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

Asimismo, aplicando el teorema de Pitágoras con las componentes encontradas, la resultante es:

$$R_B = 6965.38 \text{ kgf}$$

CAPÍTULO 4

COSTOS

El costo de fabricación de la máquina figuradora, está determinado por materiales utilizados, máquinas empleadas para la fabricación y construcción de las piezas y partes que la conforman, y por la mano de obra empleada tanto en máquinas como en trabajos manuales. Estos valores están detallados en las tablas que se ponen a consideración en el transcurso de este capítulo.

4.1 COSTO DE MATERIALES

4.1.1 Costo de ejes, placas y planchas

En las tablas 4.1, 4.2 y 4.3, se detallan los costos de los materiales que se van a emplear en la construcción de la máquina, de acuerdo a la pieza que se va a construir.

Tabla 4.1. Costo de ejes y placas

Ítem	Descripción	Material	Norma	Dim. Brutas	Cant.	Precio Unitario	TOTAL
5	Soporte interno	Acero	ASTM A 36	65x65x10	4	3,6	14,4
19	Soporte de doblado	Acero	AISI 1045	715x70x44	2	118,26	236,52
20	Placa frontal	Acero	AISI 1045	144x75x25	2	13,44	26,88
21	Pin interruptor	Acero	AISI 1045	∅15x40	2	2,1	4,2
22	Guía lateral roscada	Acero	AISI 1045	125x52x50	4	17,07	68,28
23	Guía lateral roscada	Acero	AISI 1045	125x52x50	4	17,07	68,28
27	Tornillo	Acero	AISI 1045	∅25x150	2	2,72	5,44
41	Eje soporte para brazo-sufridera	Acero	AISI 1045	∅45x152	2	8,66	17,32
42	Eje de doblado	Acero	AISI 1045	∅45x136	2	7,44	14,88
48	Soporte de anclaje	Acero	ASTM A 36	75x75x10	4	3,6	14,4
						TOTAL US\$	470,6

Fuente: Aceros Industriales HGB

Tabla 4.2. Costo de placas

Ítem	Descripción	Material	Norma	Dim. Brutas	Cant.	Precio Unitario	TOTAL
6	Placa superior	Acero	ASTM A 36	1060x715x12	1	150	150
16	Plato de doblado	Acero	AISI 1045	∅410x60	1	259,81	259,81
43	Brazo-sufridera	Acero	AISI 1045	310x210x100	1	139	139
						TOTAL US\$	548,81

Fuente: Oxicortes

Tabla 4.3. Costo de planchas

Ítem	Descripción	Material	Norma	Dimen. Brutas	Cant.	Precio Unitario	TOTAL
1	Carcasa	Acero	ASTM A 36	3085x780x3	1	60,9	60,9
3	Placa soporte para gabinete	Acero	ASTM A 36	405x60x3	2	1,99	3,98
12	Placa soporte para final de carrera	Acero	ASTM A 36	170x110x3	1	1,85	1,85
18	Cubierta superior central	Acero	ASTM A 36	820x485x3	1	11,02	11,02
28	Placa retenedora de tornillo	Acero	ASTM A 36	60x45x3	2	1,47	2,94
31	Cubierta de panel izquierdo	Acero	ASTM A 36	355x305x3	1	4,02	4,02
32	Cubierta de panel derecho	Acero	ASTM A 36	335x240x3	1	3,34	3,34
34	Cubierta de aire	Acero	ASTM A 36	340x215x3	1	3,17	3,17
35	Cubierta de mantenimiento izquierdo	Acero	ASTM A 36	410x310x3	1	4,47	4,47
36	Cubierta de mantenimiento derecho	Acero	ASTM A 36	405x195x3	1	3,31	3,31
39	Cubierta superior izquierda	Acero	ASTM A 36	850x290x3	1	7,36	7,36
40	Cubierta superior derecha	Acero	ASTM A 36	850x290x3	1	7,36	7,36
						TOTAL US\$	113,72

Fuente: IPAC

4.1.2 Costo de elementos de sujeción

En la tabla 4.4 se detalla el costo de los elementos de sujeción para la máquina figuradora de barras de acero.

Tabla 4.4. Costo de elementos de sujeción

Ítem	Descripción	Norma	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
4	Tornillo hexagonal con arandela estampada M6x12	DIN 912	8	0,08	0,64
7	Perno hexagonal M12x30	DIN 933	4	0,25	1
8	Arandela plana A13	DIN 125	4	0,03	0,12
10	Arandela plana A17	DIN 125	6	0,06	0,36
11	Perno hexagonal M16x40	DIN 933	6	0,66	3,96
13	Perno Allen M5x16	DIN 7984	4	0,05	0,2
15	Tornillo cabeza redonda con cruz interna M5x40-H	DIN 7985	8	0,08	0,64
17	Chaveta plana 18x7x56-B	ISO 2491	1	2,62	2,62
24	Perno Allen M12x50	DIN 7984	16	0,3	4,8
25	Arandela plana A10,5	DIN 125	4	0,01	0,04
26	Perno hexagonal M10x35	DIN 933	4	0,19	0,76
29	Arandela plana A 5,3	DIN 125	4	0,01	0,04
30	Perno Allen M5x12	DIN 7984	4	0,05	0,2
33	Tornillo hexagonal con arandela estampada M6x12	DIN 6921	20	0,05	1
47	Perno hexagonal M8x70	DIN 933	4	0,25	1
				TOTAL US\$	17,38

Fuente: Ferretería Castillo Hermanos

4.1.3 Costo de insumos eléctricos

En las tablas 4.5a y 4.5b, se detallan los costos de los insumos eléctricos a emplearse.

Tabla 4.5a. Costo del motorreductor

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL US\$
9	Motorreductor 3kW-12,7 rpm 220/380/440 V, 60 Hz	1	2550	2550

Fuente: COMREPSA

Tabla 4.5b. Costo de artículos eléctricos

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
2	Gabinete metálico 40x40x20 cm.	1	50,85	50,85
14	Final de carrera	2	25,3	50,6
45	Parada de emergencia	1	20,75	20,75
46	Pedal	1	32	32
TOTAL US\$				154,2

Fuente: Distribuidora Eléctrica Industrial Electro Comercial Mejía

4.1.4 Costo de artículos varios

En la tabla 4.6 se detalla el costo de otros artículos que componen la máquina figuradora de barras de acero.

Tabla 4.6. Costo artículos varios

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	TOTAL
37	Torreta hexágono 19	1	2,89	2,89
38	Palanca	1	9,22	9,22
TOTAL US\$				12,11

Fuente: Mega Kywi Eloy Alfaro

4.2 COSTO POR MÁQUINAS

4.2.1 Costo de las máquinas herramientas utilizadas

En la tabla 4.7 se detalla el costo hora/máquina y el tiempo estimado para la fabricación de las piezas que componen la máquina figuradora.

Tabla 4.7. Costo hora/máquina

Máquina/Herramienta	Costo hora/máquina	Tiempo estimado (h)	Costo
Torno	15	20	300
Fresadora	20	50	1000
Amortajadora	20	1	20
Taladro	8	6	48
Otros equipos			200
Herramienta manual	5% Mano de obra		24,75
		TOTAL US\$	1592,75

Fuente: Mecánica Dávila

4.2.2 Costo de los procedimientos empleados en la fabricación

A diferencia de algunas máquinas herramientas que se cobran por el trabajo hora/máquina, existen procedimientos de fabricación a los cuales no se los puede cotizar por horas, debido a que el trabajo que realizan no implica mayor tiempo de ejecución, por lo que las empresas o los talleres emplean otro tipo de facturación para efectos del mismo.

En las tablas 4.8a y 4.8b, se especifica los valores que se cotizan en el mercado de acuerdo al trabajo a realizarse.

Tabla 4.8a. Costo por cm. de oxicorte

Máquina/Herramienta	Costo por cm	Total cm a cortar	TOTAL US\$
Oxicorte	0,05	853,12	42,66

Fuente: IPAC

Tabla 4.8b. Costo por dobléz

Máquina/Herramienta	Costo por dobléz	Número de dobleces	TOTAL US\$
Dobladora	0,4	26	10,4

Fuente: Metalbosco

4.3 COSTO DE MANO DE OBRA

La mano de obra es la que se encargará de la fabricación de las piezas y partes de acuerdo a los planos establecidos en el diseño. Para poder realizar este trabajo, la persona que ejecutará esta labor debe tener el conocimiento y la experiencia suficiente para interpretar todos los detalles presentes en el plano, así como la destreza para plasmarlos a la realidad.

En la tabla 4.9 se detalla el costo hora/trabajador y el tiempo estimado en la fabricación de las piezas y partes de la máquina figuradora.

Tabla 4.9. Costo hora/trabajador

Trabajador	Salario/hora	Tiempo estimado (h)	Costo
Maestro mecánico	3	110	330
Ayudante mecánico	1,5	110	165
TOTAL US\$			495

Fuente: Mecánica Dávila

4.4 COSTO DE FABRICACIÓN DE LA MÁQUINA FIGURADORA DE BARRAS DE ACERO

De acuerdo a los costos parciales establecidos, en la tabla 4.10 se resume los costos por concepto de materiales, máquinas y mano de obra, obteniéndose de ésta manera el costo final estimado de la máquina con respecto a la parte mecánica.

Tabla 4.10. Costo de fabricación de la máquina figuradora de barras de acero de refuerzo para hormigón armado

Concepto	Costo
Materiales	3866,82
Máquinas	1645,81
Mano de obra	495
TOTAL US\$	6007,63

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

- Las barras de acero son un subproducto obtenido de la laminación del acero en plantas industriales que poseen la tecnología y maquinaria necesaria para su elaboración. Se clasifica en grados de acuerdo a la norma ASTM A615/A615M, siguiendo un riguroso proceso de ensayos y control de calidad.
- Las barras de acero de refuerzo en conjunto con el hormigón proporciona estabilidad a la estructura capaz de resistir esfuerzos o tensiones combinadas.
- Una de las alternativas que se adapta a las necesidades de fabricación de figurado es a través del doblado por máquinas semiautomáticas, ya que permiten doblar barras de acero desde diámetros menores hasta los mayores conocidos.
- El costo de la máquina en comparación con otras similares es aceptable y factible, debido a que ésta máquina brinda las ventajas que, si bien es cierto, otras de igual características están en posibilidad de mejorar, asimismo presentan limitaciones que no cumplen con los requerimientos y necesidades, siendo el costo de éstas mucho más elevadas.
- La guía del usuario permite obtener la información necesaria para un mejor conocimiento de la máquina, el mantenimiento que se ha de seguir y las recomendaciones tanto para el funcionamiento óptimo como para el cuidado de la persona que la utiliza.

RECOMENDACIONES

- El mantenimiento constante de la máquina es importante para que el funcionamiento sea el mejor. Pero, no implica únicamente el cambio de piezas y chequeos generales, sino también tiene que ver con la presentación. Así que, es recomendable volver a pintar aquellas piezas que presentan cierto grado de deterioro en su acabado, para que la máquina se vea menos descuidada.
- A medida que la tecnología avanza, aparecen nuevas aplicaciones y actualizaciones de los componentes que conforman la máquina. Por tanto, el cambio de las piezas o elementos por estos nuevos métodos es favorable para el desempeño de la misma.
- El uso de los implementos de seguridad como casco industrial, gafas antiparras, tapones para oídos u orejeras, guantes, zapatos punta de acero y la respectiva ropa de trabajo, es de vital importancia y una obligación que el trabajador debe cumplir para evitar cualquier tipo de accidente.
- Con el paso del tiempo, las formas tradicionales de fabricación van perdiendo fuerza y son empleadas con menor frecuencia, debido a que las personas requieren que el trabajo sea lo más rápido posible. En este caso, se debe investigar los procesos por los que atraviesa dicho trabajo para analizar e implementar una fusión entre máquinas que cumplan con los requerimientos establecidos de producción.
- En el caso de que la máquina deje de ser funcional para el trabajo para el cual fue originalmente diseñado, lo ideal es buscar una nueva aplicación realizando el rediseño respectivo para aprovechar los elementos que la máquina posee.

BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, *ACI 315 Detailing Manual*, 1995.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, *ACI 318 Código de Diseño de Hormigón Armado*, 2002.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL OF CONSTRUCTION, *Steel Construction Manual*, Thirteenth edition, AISC, Chicago, 2007.
- AURIA, José M., y otros, *Dibujo Industrial. Conjuntos y Despieces*, International Thomson Editores Spain Paraninfo S.A., Madrid, 2000.
- BEER, Ferdinand, y otros, *Mecánica de Materiales*, Cuarta edición, McGraw Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V., México D.F., 2007.
- BÖHLER, *Manual de Aceros Especiales*, Segunda edición, Quito, 2011.
- BUDYNAS, Richard y KEITH J., *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Octava edición, McGraw Hill, Madrid, 2008.
- CONCRETE REINFORCING STEEL INSTITUTE, *Placing Reinforcing Bars*, Sixth edition, 1992.
- GONZÁLES, Federico, *Manual de supervisión de obras de concreto*, Segunda Edición, Limusa, México D.F., 2004.
- RONDON, Carlos, *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón*, Primera Edición, M y M Servicios Gráficos S.A., Santiago de Chile, 2008.

PÁGINAS WEB

- http://ing.unne.edu.ar/pub/e3_cap5.pdf
- http://issuu.com/alvarezdeluca/docs/telemecanique_2004-2005
- <http://sistelesa.com/pdf/Siemens-Catalogo2010b.pdf>
- <http://www.aesecador.com.ec/files/Segurida-Higiene.pdf>
- <http://www.armalco.com/content/page.aspx?ID=112>
- <http://www.astm.org/Standards/A615A615M-SP.htm>
- <http://www.centroacero.com.ec/planchas.html>
- http://www.dipacmanta.com/images/pdf/descargas/catalogo_planchas.pdf
- <http://www.inselec.com.ec/beaucoup.pdf>
- <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%201045.pdf>

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Amarra: Nombre genérico dado a una barra o alambre individual o continuo, que abraza y confina la armadura longitudinal, doblada en forma de círculo, rectángulo, u otra forma poligonal, sin esquinas reentrantes. Ver Estribos.

Armadura principal: Es aquella armadura requerida para la absorción de los esfuerzos externos inducidos en los elementos de hormigón armado.

Armadura secundaria: Es toda aquella armadura destinada a confinar en forma adecuada la armadura principal en el hormigón.

Barras de repartición: En general, son aquellas barras destinadas a mantener el distanciamiento y el adecuado funcionamiento de las barras principales en las losas de hormigón armado.

Barras de retracción: Son aquellas barras instaladas en las losas donde la armadura por flexión tiene un sólo sentido. Se instalan en ángulo recto con respecto a la armadura principal y se distribuyen uniformemente, con una separación no mayor a 3 veces el espesor de la losa o menor a 50 centímetros entre sí, con el objeto de reducir y controlar las grietas que se producen debido a la retracción durante el proceso de fraguado del hormigón, y para resistir los esfuerzos generados por los cambios de temperatura.

Cerco: Es una amarra cerrada o doblada continua. Una amarra cerrada puede estar constituida por varios elementos de refuerzo con ganchos sísmicos en cada extremo. Una amarra doblada continua debe tener un gancho sísmico en cada extremo.

Conexiones: Coplas o manguitos de acero de diferentes formas, con o sin hilo, que se utilizan para el empalme por traslape de las barras, que también son conocidas como conectores mecánicos.

Estribo: Armadura abierta o cerrada empleada para resistir esfuerzos de corte y de torsión; por lo general, barras, alambres o malla electrosoldada de alambre (liso o estriado), ya sea sin dobleces o doblados, en forma de L, de U o de formas rectangulares, y situados perpendicularmente o en ángulo, con respecto a la armadura longitudinal. El término estribo se aplica, normalmente, a la armadura transversal de elementos sujetos a flexión y el término amarra a los que están en elementos sujetos a compresión. Ver también Amarra.

Figuración: La figuración es un proceso de corte y doblado en frío del acero por medio del cual se obtienen varillas con las formas y figuras requeridas en el diseño estructural de las construcciones.

Figurado: El acero figurado es un producto personalizado que se fabrica según los requerimientos particulares de cada proyecto.

Fijación: Alambre de acero negro recocido, en general de diámetros entre 1,6 y 2,1 mm., conocida corrientemente como amarra, utilizado en particular para fijar los estribos a las barras longitudinales y los empalmes por traslape.

Laminilla: Delgada y superficial capa, entre 40 y 60 μm de espesor, pero firmemente adherida película de oxidación producto de la laminación en caliente, de las barras de acero para hormigón recién fabricadas.

Gancho sísmico: Gancho de un estribo, cerco o traba, con un doblez no menor a 135° , excepto que los cercos circulares deben tener un doblez no menor a 90° , con una extensión de 6 veces el diámetro (pero no menor a 75 mm.) que enlace la armadura longitudinal y se proyecte hacia el interior del estribo o cerco.

Gancho suplementario: Barra continua con un gancho sísmico en un extremo, y un gancho no menor de 90°, con una extensión mínima de 6 veces el diámetro en el otro extremo. Los ganchos deben enlazar barras longitudinales periféricas. Los ganchos de 90° de dos trabas transversales consecutivas que enlacen las mismas barras longitudinales, deben quedar con los extremos alternados.

Zuncho: Amarra continua enrollada en forma de hélice cilíndrica, empleada en elementos sometidos a esfuerzos de compresión, que sirven para confinar la armadura longitudinal de una columna y la porción de las barras dobladas de la viga como anclaje en la columna. El espaciamiento libre entre espirales debe ser uniforme y alineado, no mayor a 80 mm., ni menor a 25 mm. entre sí. Para elementos con hormigón vaciado en obra, el diámetro de los zunchos no debe ser menor a 10 mm.

ANEXOS

ANEXO 1

GUÍA DEL USUARIO

GUÍA DEL USUARIO

INSTALACIÓN

Instalación de la máquina

La instalación y ensamblaje de la máquina se ha de llevar a cabo de acuerdo con los planos o documentos correspondientes.

El ambiente en el que se realice la instalación debe ser el más limpio posible con la finalidad de evitar la acumulación de suciedad sobre la máquina, la transmisión, el deterioro del sistema eléctrico, etc.

La máquina debe ser colocada en un lugar donde se pueda tener una buena accesibilidad para las labores de mantenimiento; debe ubicarse estratégicamente para la alimentación constante de materia prima y poseer buena iluminación.

Se debe verificar que la máquina se encuentre colocada sobre un suelo totalmente plano y uniforme con la finalidad de otorgar estabilidad y así evitar el sometimiento a vibraciones importantes.

Tensión de la red eléctrica

Antes de instalar la máquina, se debe comprobar que la instalación eléctrica sea la correcta y que proporcione el voltaje adecuado y constante de energía para la alimentación.

La fuente de alimentación para esta máquina es de 220V, 3 fases, 60 ciclos.

Si no se cuenta con la energía requerida disponible, será necesaria la colocación de un transformador para suministrar la potencia adecuada a la máquina.

Se debe tener en cuenta que si se conecta la máquina a una fuente de alimentación incorrecta, este puede provocar daños a la máquina, especialmente al motor.

Después de enchufar la máquina en la fuente, es necesario verificar que el motor está girando en la dirección correcta.

CARACTERÍSTICAS DE LA MÁQUINA

En las tablas A1 y A2 se especifica las características que presenta la máquina figuradora respecto al motorreductor que posee y a la capacidad de doblado, respectivamente.

Tabla A1. Características del motorreductor

Tipo:	Motorreductor pendular
	Engranaje helicoidal
Modelo:	TFA88 i:134,16
Potencia:	4 hp /4 polos (1710 rpm)
Velocidad de servicio:	12,7 rpm
Torque de servicio:	1736 Nm Mín.
	3000 Nm Máx.
Voltaje:	220/380/440 V, 60 Hz, trifásico

Fuente: COMREPSA

Tabla A2. Capacidad de doblado

Diámetro Varilla (mm)	Cantidad a doblarse (unidades)
8	7
10	5
12	4
14	3
16	3
18	2
20	2
20 hasta 32	1

Fuente: El autor

Datos de placa

En la tabla A3 se presenta las características generales que presenta la máquina figuradora.

Tabla A3. Datos de placa

EQUIPO:	Máquina figuradora de barras de acero
PAÍS DE ORIGEN:	Ecuador
N°:	00-01
SERIE:	20111024
AÑO:	2011
POTENCIA:	4hp 3kW
VOLTAJE:	220V-3~-60Hz
DIÁMETROS DE DOBLADO:	Desde 8 hasta 32 mm.
CARGA DE DOBLADO:	Hasta 1430 kg.
CAPACIDAD:	Hasta 7 barras (75,76 kg)
VELOCIDAD DE SERVICIO:	12,7 rpm
DIMENSIONES:	1054x765x951 mm.

Fuente: El autor

OPERACIÓN

Medidas a tener en cuenta antes de la puesta en funcionamiento

1. Tras haber efectuado el montaje o reparación de la máquina, se debe verificar que todos los elementos ocupen su lugar de acuerdo al plano.
2. Todos los elementos de la instalación deben prestar una buena accesibilidad para su inspección y mantenimiento.
3. Se debe asegurar que los elementos de la máquina se encuentran en buen estado y sean los correctos para efectuar el trabajo.
4. El personal que vaya a operar la máquina debe de estar familiarizado con su funcionamiento y con el proceso de producción, con el fin de garantizar un desarrollo normal del proceso.

Puesta en funcionamiento

1. Colocar las herramientas adecuadas de flexión en la máquina.
2. Conectar los pines de inicio y final de carrera en el plato de doblado para establecer el ángulo al que se va a doblar. Si el ángulo no es correcto, sólo se debe mover el pin al siguiente agujero hasta obtener el ángulo que se requiera.
3. Colocar el material en el plato de flexión.
4. Para empezar a doblar, se debe presionar el pedal de accionamiento con el pie.
5. Finalizado el trabajo, es necesario apagar la máquina

Durante el funcionamiento

1. Mantener correctamente sujeta la barra de acero que se está doblando para garantizar un doblado uniforme.
2. Cuando se ha doblado la barra de acero al ángulo requerido, el pin interruptor acciona el final de carrera haciendo que el plato de doblado regrese automáticamente a su posición inicial.
3. En caso de sufrir un atascamiento ya sea por el trabajo o por las condiciones de la máquina, se debe presionar el botón de parada de emergencia.

MANTENIMIENTO

Finalidad del mantenimiento

El mantenimiento tiene por objeto asegurar un funcionamiento continuo y correcto de la máquina figuradora para garantizar que el trabajo sea permanente y sin interrupciones.

Una de las condiciones indispensables para que las labores de mantenimiento surtan el efecto deseado es sin duda, la regularidad con que han de ejecutarse las tareas designadas previa planificación.

Mantenimiento preventivo

El tipo de mantenimiento que se ha elegido para el cuidado de la máquina es el mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento, también denominado como “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería de las partes que componen la máquina. Se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema.

El mantenimiento preventivo permite:

- Realizar un chequeo de la máquina en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Llevar a cabo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano” y en forma oportuna.
- Contar con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecidos y aprobado por la dirección de la empresa.

- Destinar el mantenimiento a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Establecer un historial de todos los equipos, además de brindar la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Disponer de un presupuesto aprobado y autorizado.

Aspectos a tener en cuenta para un correcto mantenimiento

Para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina, el mantenimiento debe contemplar ciertos aspectos como:

- Inspección
- Limpieza
- Ajuste
- Lubricación
- Registro

a. Inspección

La inspección es una revisión total detallada de las partes que conforman la máquina, con la finalidad de encontrar piezas que se encuentren dañadas, deterioradas, con fallas leves o que presenten imperfecciones, para ser reemplazadas, reparadas o corregidas antes de empezar el trabajo. Esta revisión se la realiza diariamente para evitar inconvenientes a medida que se va ejecutando la actividad.

La máquina también debe ser monitoreada durante la ejecución del trabajo para identificar anomalías, ruidos extraños, entre otros, y poderlos corregir.

Es necesario que una vez realizado el figurado de las barras de acero, se revise los ángulos de doblado. Si las barras de acero presentan cierta desviación de su ángulo o

de su forma, significa que la máquina o las matrices requieren de ajustes o reparaciones.

b. Limpieza

La máquina debe mantenerse limpia en todo momento, en especial el sistema eléctrico, ya que la grasa, polvo o restos de material acumulado en el interior puede hacer que el sistema se desajuste o empiece a fallar, generando algún tipo de desperfecto en el funcionamiento de la máquina.

Existen lugares huecos dentro de la máquina en la que puede acumularse residuos del ambiente, grasa o restos de material. Para esto es necesario desmontar estas partes y retirar el material acumulado, en especial en la zona donde se encuentra el plato de doblado, en la que se acumula restos de material debajo del mismo, lo que puede ocasionar una obstrucción del giro del plato y del eje, impidiendo que el mecanismo trabaje correctamente.

c. Ajuste

Es indispensable asegurarse que todos los componentes de la máquina estén correctamente sujetos para evitar desperfectos durante el trabajo. Para esto debe realizarse una inspección previa de los componentes y mecanismos, tales como cables eléctricos, tornillos, acoples, entre otros, que por causa de las vibraciones pueden aflojarse. Además, es necesario tener en cuenta que los acoples pueden llegar a presentar juego a causa del desgaste, lo que hace imprescindible que se realice un cambio o corrección del elemento.

d. Lubricación

La lubricación es uno de los aspectos más importantes del mantenimiento ya que nos permite identificar los puntos y partes que se encuentran en constante fricción.

La máquina figuradora requiere de lubricación principalmente en la caja de transmisión; para esto, se debe realizar una inspección previa para comprobar que el nivel de aceite en el mecanismo transmisor sea la correcta, y si es el caso, volverlo a llenar.

e. Registro

El mantenimiento que se efectúa a la máquina debe llevarse en un registro, con la finalidad de dar un seguimiento a las intervenciones realizadas para analizar y verificar su estado y planificar el próximo mantenimiento. Esto permite tener un mejor enfoque de los trabajos que deben realizarse en base a las observaciones planteadas, ya sea por los operarios o por la persona encargada del mantenimiento y contar con un programa de mantenimiento preventivo.

Períodos de mantenimiento

Los trabajos a ejecutarse y los períodos establecidos de revisión de las partes que conforman la máquina figuradora, se muestran en la tabla A4.

Tabla A4. Mantenimiento preventivo de la máquina figuradora

TRABAJOS A EJECUTAR	PERÍODOS														
	8 horas	40 horas	80 horas	120 horas	160 horas	200 horas	400 horas	600 horas	800 horas	1000 horas	1200 horas	1400 horas	1600 horas	1800 horas	2000 horas
Ajuste del switch de posición				•		•		•		•		•		•	
Chequeo del motor y sistema eléctrico			•		•		•		•		•		•		•
Limpieza general	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Verificar el nivel de aceite caja reductora (completar si es necesario)		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Verificar estado de las piezas						•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fuente: El autor

Lubricantes recomendados

Los aceites que se recomiendan para la lubricación de la caja de transmisión se presentan en la tabla A5.

Tabla A5. Lubricantes recomendados

MARCA	ESPECIFICACIÓN
BP	BP Energol GR 200 EP
ESSO	Esso Gearbox Oil GP 90
Mobil Oil	Mobillube GX 90
Shell	Shell Tegula Oil 68
Texaco	Multipurpose Thuban EP 90

Fuente: El autor

Mantenimiento del motor y sistema eléctrico

Una de las partes importantes para el funcionamiento de la máquina es el motor y el estado del sistema eléctrico. Para esto, se plantea ciertos puntos a ser considerados:

- Verificar periódicamente las conexiones de la caja de bornes (cables pelados, tuercas no apretadas), para evitar riesgos de shock eléctrico.
- Verificar la tensión de los bornes del motor para asegurarse que la alimentación de energía desde la fuente es la correcta.
- Verificar la grasa de los rodamientos (excesiva grasa puede producir recalentamiento).
- Escuchar el motor a plena velocidad de carga y percibir eventuales ruidos mecánicos. Después de detenido el motor, mover el eje para averiguar eventuales desgastes de los rodamientos.
- Verificar los pernos que sujetan la base del motor, los tornillos que sujetan los escudos, las tapas de los rodamientos y las tapas de protección, para evitar la entrada de impurezas, polvo y elementos extraños que puedan perjudicar el trabajo normal del motor, además de proteger las conexiones internas del mismo.

- Verificar la corriente absorbida por el motor a plena carga para determinar si es la correcta, caso contrario debe realizarse los respectivos ajustes para corregirla.
- Verificar periódicamente los contactos de los interruptores y contactores. El material de los contactos tiende a quemarse siempre un poco. Si fuera necesario reemplazar uno o más contactos, proceder a sustituir simultáneamente todos los contactos de un mismo interruptor o contactor.
- El aislamiento y los contactos de los interruptores han de estar siempre exentos de grasa, polvo y aceite.
- Verificar periódicamente si los interruptores de emergencia funcionan correctamente.
- Las sustituciones y reparaciones habrán de llevarse a cabo teniendo desconectada la corriente.
- Verificar periódicamente si el ajuste del relé térmico es el correcto.
- El recalentamiento de un motor puede ser producido por la obstrucción de los canales de ventilación, por lo que hay que chequearlos y limpiarlos con frecuencia.
- Verificar el estado de conexión del pedal de accionamiento y comprobar que pueda presionarse con facilidad.

SEGURIDAD OCUPACIONAL

Riesgos y prevenciones

a. Ruido industrial

Proviene del funcionamiento continuo del motorreductor y de la alimentación de materia prima a la máquina.

Consecuencias:

Disminución de la capacidad auditiva.

Prevención:

En el local de trabajo.- Aislamiento de las áreas ruidosas, protegiendo paredes y suelos con materiales no conductores del sonido; instalando las maquinarias sobre plataformas aisladas y mecanismos de disminución de la vibración, o confinando las máquinas en un solo taller de operaciones cuya área protegida evite la exposición a este riesgo del menor número de trabajadores.

Al trabajador.- Protección directa del oído por medio de tapones de goma y otro material adecuado, o el uso de protectores auriculares de orejeras, reglamentando intervalos de descanso del trabajador o cambios periódicos de la labor cuando exista excesiva peligrosidad.

El nivel sonoro máximo admisible será de 85 decibeles en el ambiente de los talleres, en que el operario labora habitualmente; en las oficinas y lugares de trabajo donde predomina la labor intelectual, el nivel sonoro no podrá ser mayor de 70 decibeles. Para los casos indicados, en que se exceda de estos niveles, deberán proveerse y utilizarse los elementos de protección adecuados.

b. Movimiento de materiales

Proviene de la transportación del material desde la bodega de almacenaje o desde las mesas de trabajo hasta la alimentación de la máquina.

Consecuencias:

Lesiones por esfuerzo excesivo, heridas, fracturas y caídas.

Prevención:

El transporte o manejo de materiales en lo posible deberá ser mecanizado, utilizando para el efecto elementos como carretillas, vagones, elevadores, transportadores de banda, grúas, etc.

Cuando no fuere factible la mecanización, se instruirá al personal sobre los métodos seguros de levantamiento de pesos, dentro de los límites fijados en la tabla A6, establecida en Convenio No.127 con la Organización Internacional del Trabajo:

Tabla A6. Escala de levantamiento de pesos.

Género	Edad	Peso que puede levantar
Varón	Hasta 16 años	35 libras
	De 16 a 18 años	50 libras
	De 18 años en adelante	130 libras
Mujer	Hasta 18 años	20 libras
	De 18 a 21 años	25 libras

Fuente: Organización Internacional del Trabajo. Convenio N° 127

Las eslingas, cables, cadenas, ganchos, estrobos, cuerdas y accesorios que se emplean en los aparatos para izar o levantar pesas, se mantendrán en perfectas condiciones y para su uso deberán ser cuidadosamente revisadas.

c. Proyección de partículas

Proviene de la viruta generada por el impacto del material sobre las mesas de trabajo al descargar y por el doblado de las barras de acero.

Consecuencias:

Lesiones por cuerpos extraños en ojos o piel, conjuntivitis, erosiones, quemaduras, etc.

Prevención:

En las actividades que existan proyecciones de partículas, los supervisores deben asegurarse que las máquinas y equipos cuenten con protecciones. A su vez, los trabajadores deberán usar, en forma permanente los equipos de protección personal, como son los protectores visuales y faciales.

d. Caídas

Proviene de las partes que no están unidas a la máquina, como el pedal de accionamiento, por ejemplo, y por el almacenamiento de material en los alrededores de la máquina.

Consecuencias:

Esguinces, heridas, fracturas, contusiones o lesiones múltiples.

Prevención:

Para evitar las caídas y tropezones se debe tener zonificado los lugares donde se almacena el material, los desperdicios, entre otros.

Obligaciones

Según el Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, en la resolución n° 172, se plantea las siguientes obligaciones:

- a. Los empleadores están obligados a otorgar a sus trabajadores condiciones de seguridad que eviten el peligro para su salud o su vida, para lo cual organizarán adecuados programas de prevención de riesgos profesionales y les instruirán sobre ellos, velando por su acatamiento.
- b. Todo empleado, está obligado a cumplir y hacer cumplir las disposiciones del Reglamento, a las normas de prevención específicas que se dictaren para cada rama de actividad, y a las recomendaciones de la División de Riesgos del Trabajo.
- c. Todo trabajador deberá usar el equipo de protección personal que le sea entregado, el mismo que seguirá siendo de propiedad de la empresa y que no podrá ser vendido, canjeado o sacado fuera del recinto laboral por el trabajador, salvo que el trabajo así lo requiera y con autorización del empleador.
- d. Cuando hubiere reposición de los equipos, así como el cese de las labores, el trabajador estará obligado a devolver al patrono los equipos que le hayan sido entregados.
- e. Es obligación de los trabajadores cumplir las medidas de prevención de riesgos determinadas por sus jefes inmediatos, quienes deben dar aviso oportuno en caso de trasgresión u omisión al empleador o su representante, a fin de que adopte las medidas pertinentes con sujeción a la Ley y Reglamentos.

- f. Todo trabajador está obligado a dar oportuno aviso a su jefe inmediato de toda condición o acción insegura que observe en las instalaciones, máquinas, herramientas, ambiente o en el personal que labore.
- g. Si un trabajador padece de enfermedad que afecte su capacidad y seguridad para el trabajo, deberá inmediatamente hacer conocer su estado al superior correspondiente, para que se adopten las medidas que fueren del caso.
- h. Los trabajadores están obligados a colaborar en la investigación de los accidentes que hayan presenciado o de los que tengan conocimiento, prestando su declaración sobre los hechos que se les interrogue, a petición del IESS, de la propia empresa o de la autoridad correspondiente, si fuere del caso.

Recomendaciones

Para el trabajo con barras de acero, se presenta las siguientes recomendaciones generales de prevención, seguridad e higiene:

- a. Todos los trabajadores deben usar ropa adecuada de trabajo, guantes, casco, protección auditiva y zapatos de seguridad con puntas de acero.
- b. En lo posible, los trabajadores deben evitar el uso de ropa de trabajo que presente trabas, botones, bolsillos, etc., para evitar el riesgo que las barras se enganchen en ellos.
- c. El personal dedicado a la transportación de barras y fabricación de figurado siempre debe usar gafas o protectores para los ojos.
- d. Las personas que transporten de forma manual un atado de barras, deben soltarlas, exactamente, al mismo tiempo.

- e. Se recomienda a los trabajadores flexionar las rodillas en posición de descanso, cuando levanten pesos superiores a los normales, para evitar lesiones.
- f. Durante el transporte de barras rectas o figuradas, se debe tener especial cuidado con el paso de líneas de alimentación eléctrica.
- g. Se debe mantener las áreas de trabajo limpias, organizadas y libres de restos de materiales para evitar caídas u otro tipo de accidentes.

Prohibiciones

De acuerdo al Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, resolución nº 172, queda prohibido en todo entorno de trabajo:

- a. Obligar a los trabajadores a laborar en ambientes insalubres por efecto de polvo, gases o sustancias tóxicas; salvo que previamente se adopten las medidas preventivas necesarias para la defensa de la salud.
- b. Entrar o circular en todo recinto de trabajo especialmente definido como peligroso, sin estar debidamente autorizado para ello.
- c. Facultar al trabajador el desempeño de sus labores sin el uso de la ropa y equipos de protección personal.
- d. Efectuar trabajos sin el debido entrenamiento previo para la labor que van a realizar.
- e. Ingresar al trabajo en estado de embriaguez o habiendo ingerido cualquier tóxico.

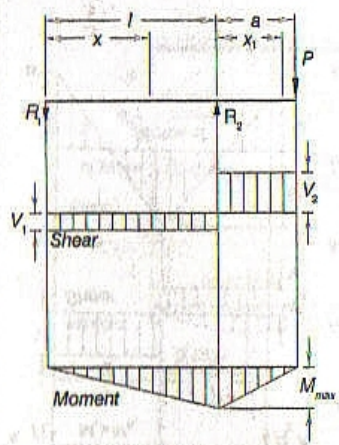
- f. Fumar o prender fuego en sitios peligrosos, para no causar incendios, explosiones o daños en las instalaciones de las empresas.
- g. Distraer la atención en sus labores, con juegos, riñas, discusiones, para evitar accidentes.
- h. Alterar, cambiar, reparar o accionar máquinas, instalaciones, sistemas eléctricos, etc., sin conocimientos técnicos o sin previa autorización superior.
- i. Modificar o dejar inoperantes mecanismos de protección en maquinarias o instalaciones.
- j. Dejar de observar las reglamentaciones colocadas para la promoción de las medidas de prevención de riesgos.
- k. Transportar a los trabajadores en vehículos inadecuados para este efecto.
- l. Reparar o lubricar máquinas o equipos en movimiento, excepto cuando su construcción y diseño lo permita sin riesgo alguno.

ANEXO 2

REACCIONES, MOMENTOS Y DEFLEXIONES

Table 3-23 (continued) Shears, Moments, and Deflections

26. BEAM OVERHANGING ONE SUPPORT — CONCENTRATED LOAD AT END OF OVERHANG



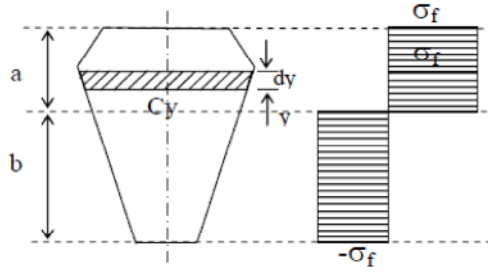
$R_1 = V_1$	$= \frac{Pa}{l}$
$R_2 = V_1 + V_2$	$= \frac{P}{l}(l+a)$
V_2	$= P$
M_{max} (at R_2).....	$= Pa$
M_x (between supports).....	$= \frac{Pax}{l}$
M_{x_1} (for overhang).....	$= P(a - x_1)$
Δ_{max} (between supports at $x = \frac{l}{\sqrt{3}}$).....	$= \frac{Pal^2}{9\sqrt{3}EI} = 0.0642 \frac{Pal^2}{EI}$
Δ_{max} (for overhang at $x_1 = a$).....	$= \frac{Pa^2}{3EI}(l+a)$
Δ_x (between supports).....	$= \frac{Pax}{6EI}(l^2 - x^2)$
Δ_{x_1} (for overhang).....	$= \frac{Px_1}{6EI}(2al + 3ax_1 - x_1^2)$

ANEXO 3

MOMENTO PLÁSTICO RESISTENTE

5.3-MOMENTO PLÁSTICO RESISTENTE (Mp)

Recordando el proceso seguido para el estudio de la flexión simple, calculemos el Momento Plástico Resistente bajo las hipótesis adoptadas. Considerando que la pieza se encuentra sometida a flexión, y a una distancia y del eje neutro la sección tiene un ancho Cy .



La fuerza que actúa en el área $Cy \cdot dy$ será: $df = Cy \cdot dy \cdot \sigma_f$
y como el esfuerzo normal $N = 0$ será:

$$N = \int_{-b}^a \sigma \cdot Cy \cdot dy = 0$$

$$\int_{-b}^a \sigma \cdot Cy \cdot dy = \int_0^a \sigma_f \cdot Cy \cdot dy - \int_{-b}^0 \sigma_f \cdot Cy \cdot dy = 0$$

$$\int_0^a Cy \cdot dy = \int_{-b}^0 Cy \cdot dy$$

La sección por arriba del eje neutro es igual a la sección por debajo de dicho eje, por lo tanto este divide a la sección en dos partes de áreas iguales, y no es necesariamente baricéntrico salvo en secciones simétricas respecto al eje neutro.

Por equilibrio de momentos:

$$Mp = \int_{-b}^a \sigma \cdot Cy \cdot dy \cdot y = \int_0^a \sigma_f \cdot Cy \cdot y \cdot dy - \int_{-b}^0 \sigma_f \cdot Cy \cdot y \cdot dy = 0$$

$$Mp = \sigma_f \left[\int_0^a Cy \cdot y \cdot dy - \int_{-b}^0 Cy \cdot y \cdot dy \right] = \sigma_f \cdot Wp$$

$$Wp = \left[\int_0^a Cy \cdot dy \cdot y - \int_{-b}^0 Cy \cdot dy \cdot y \right]$$

donde denominamos como Modulo Resistente Plástico a Wp que depende de la geometría de la sección. Será entonces:

$$Wp = \frac{Mp}{\sigma_f}$$

similar al Wf estudiado en elasticidad, donde:

$$Wf = \frac{Mf}{\sigma_f}$$

donde Mf es el valor del momento que hace entrar en fluencia la fibra mas alejada.

Denominamos con el nombre de **Factor de Forma**, ya que depende del tipo de sección, a la relación:

$$k = \frac{Mp}{Mf} = \frac{Wp}{Wf} > 1$$

A modo de ejemplo analicemos el caso de la sección rectangular:

$$W_f = \frac{c \cdot h^2}{6} \quad W_p = \frac{c \cdot h^2}{12}$$

$$W_p = \int_{-h/2}^{h/2} c \cdot y \cdot dy = \int_0^{h/2} c \cdot y \cdot dy - \int_{-h/2}^0 c \cdot y \cdot dy$$

$$W_p = 2 \cdot \int_0^{h/2} c \cdot y \cdot dy = \frac{c \cdot h^2}{4}$$

$$k = \frac{W_p}{W_f} = 1.5 \quad M_p = 1.5 M_f$$

Vale decir que en el caso de una sección rectangular el momento M_p límite bajo el régimen plástico es un 50% mayor que el tomado en el régimen elástico cuando se plastifica la primer fibra.

Otra forma rápida de llegar al mismo resultado es la siguiente:

$$D = Z = \sigma_f \cdot \frac{c \cdot h}{2}$$

$$M_p = D \frac{h}{2} = \sigma_f \cdot \frac{c \cdot h^2}{4} \quad W_p = \frac{M_p}{\sigma_f} = \frac{c \cdot h^2}{4}$$

Veamos el valor de k para algunas secciones usuales

SECCION						
$k = \frac{W_p}{W_f}$	1,00	1,15 a 1,17	1,27	1,50	1,70	2,00

ANEXO 4

SELECCIÓN DE UN MOTORREDUCTOR

FLENDER (MOTOX) Información técnica

Descripción

Un reductor es un equipo mecánico que reduce la velocidad a una tasa fija (relación de reducción i), transfiriendo potencia y amplificando el par (torque).

Los reductores de velocidad FLENDER son utilizados para el accionamiento de muchas máquinas de uso industrial (cargas) las cuales según su aplicación pueden entrar en una de las siguientes categorías:

- **Uniforme** (Prácticamente sin choques). Ej.: cintas transportadoras, compresores centrífugos, agitadoras y mezcladores para concentraciones homogéneas.
- **Media** (Choques considerables). Ej.: máquinas herramienta, grúas, bombas de pistones, ventiladores grandes, mezcladores y agitadores para concentraciones heterogéneas.
- **Con choques** (Choques violentos). Ej.: Troqueladoras, cizallas, laminadoras, centrifugadoras pesadas, trituradores, bombas dosificadoras pesadas.



Reductores FLENDER

SELECCIÓN DEL REDUCTOR

Se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros

1. Par o Torque, a la salida del mismo en Nm (dato de placa)
 2. Velocidad, en rpm de entrada (motor) y de salida (carga).
 3. Potencia, en kW, de entrada y de salida (considera eficiencia)
 4. Relación de reducción (i): Índice que detalla la relación entre las rpm de entrada y salida. (dato de placa)
- Para determinar la potencia requerida a la entrada del reductor empleamos la siguiente relación:

$$P_1 = \frac{T_2 * n_2}{9550 * \eta} * f_s \quad [kW]$$

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

- P_1 = Potencia de entrada al reductor (kW)
- T_2 = Torque a la salida del reductor (requerido por la carga en Nm)
- n_2 = Velocidad de salida del reductor (requerida por la carga en rpm)
- n_1 = Velocidad de entrada del reductor (salida del motor en rpm)¹⁾
- η = Eficiencia del reductor²⁾
- f_s = Factor de servicio de la máquina o aplicación accionada (Ver tabla adjunta)
- i = Relación de reducción (dato de placa del reductor)

TABLA DE FACTORES DE SERVICIO RECOMENDADOS

Funcionamiento horas/día	Tipo de Carga		
	Uniforme	Media	Con choques
2	0.9	1.1	1.5
10	1.0	1.25	1.75
24	1.25	1.50	2.00

Mayor información:

Configurador: www.siemens.com/gearedmotors

Notas: ¹⁾ La velocidad de entrada máxima del reductor suele ser de 3600 rpm.

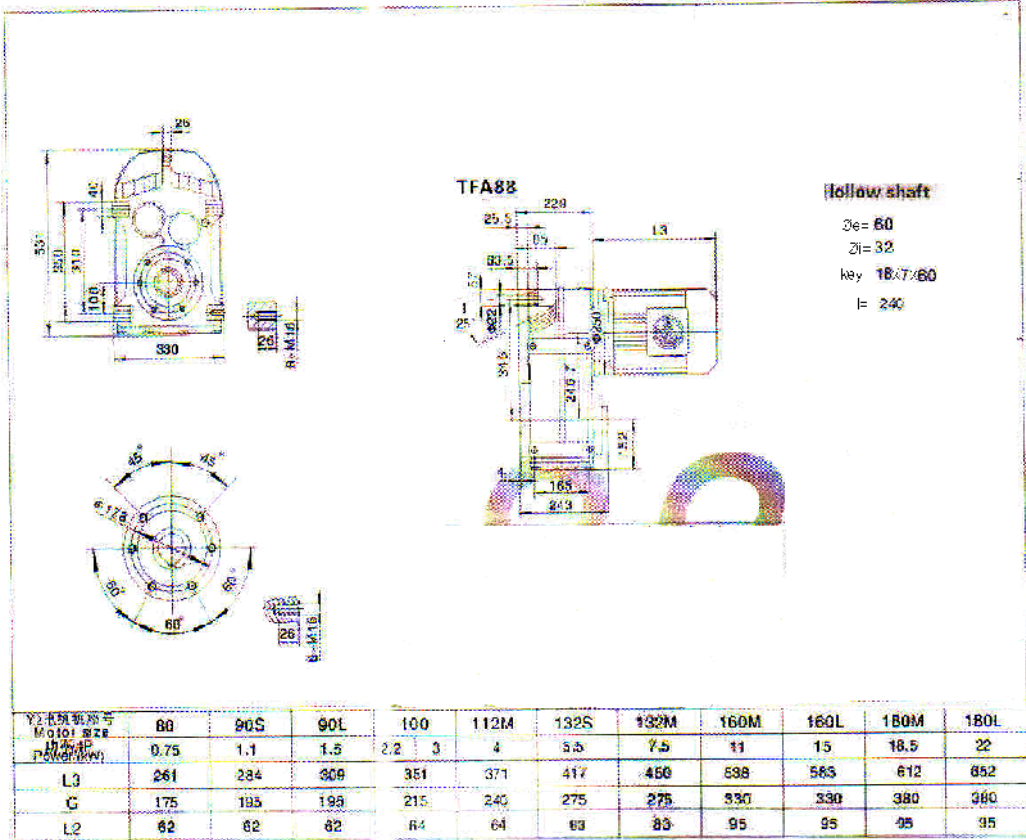
Si requieren velocidades mayores favor consultar.

²⁾ De acuerdo al tipo de reductor usado consultar catálogo.

Febrero 1 de 2010 - El Precio de Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

ANEXO 5

DIMENSIONES DEL MOTORREDUCTOR



ANEXO 6

INTERRUPTORES DE POSICIÓN O FINALES DE CARRERA

Osiswitch® Clásico

Metálicos, tipos XCK J, conformes CENELEC EN 50041
Aparatos completos de cuerpo fijo
Una entrada de cable prensaestopa 13

Características: 3/63
Referencias: 3/64 y 3/65
Composición: 3/66 y 3/67

Cabeza de movimiento	Rectilíneo fijación por el cuerpo		Angular fijación por el cuerpo			
	Formato B	Formato C	Formato A		Formato D	
Dispositivo de control	Pulsador metálico	Pulsador con roldana de acero	Palanca con roldana termoplástica (1)	Palanca con roldana de acero (1)	Palanca de longitud variable y roldana termoplástica (1)	Varilla redonda Ø 6 mm termoplástica (1) (2)

Referencias

Contacto bipolar "NA+NC" de ruptura brusca (XE2S P2151) 	XCK J161 ZCK J1 + ZCK E61	XCK J167 XCK J1 + ZCK E67	XCK J10511 XCK J1 + ZCK E05 + ZCK Y11	XCK J10513 XCK J1 + ZCK E05 + ZCK Y13	XCK J10541 XCK J1 + ZCK E05 + ZCK Y41	XCK J10559 XCK J1 + ZCK JE05 + ZCK Y59
Contacto bipolar "NA+NC" decalados de ruptura lenta (XE2N P2151) 	XCK J561 XCK J561	XCK J567 XCK J567	XCK J50511 XCK J50511	XCK J50513 XCK J50513	XCK J50541 XCK J50541	XCK J50559 XCK J50559
Peso (kg)	0,430	0,455	0,480	0,490	0,485	0,460

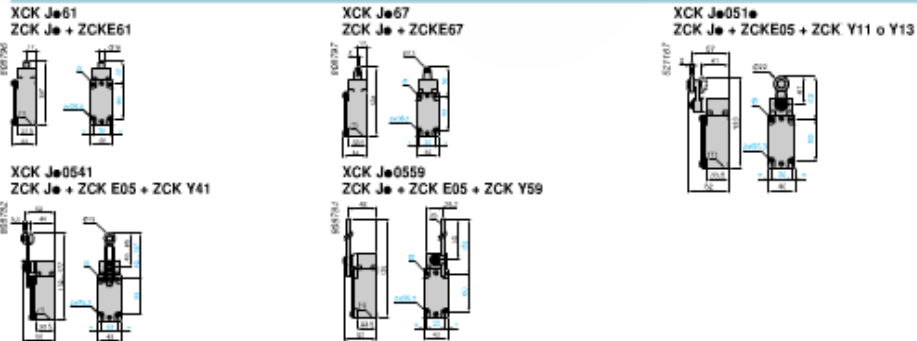
Funcionamiento de los contactos Pasante (black) / No pasante (white). (A) = desplazamiento lateral (P) = punto de positividad. ⊕ Contacto "NA" de apertura positiva

Características

Aparatos para ataque	Frontal	Lateral en 30°	Para cualquier móvil	
Tipo de ataque				
Velocidad máxima de ataque	0,5 m/s	1 m/s	1,5 m/s	
Durabilidad mecánica (en millones de ciclos de maniobra)	30	25	30	
Esfuerzo	De accionamiento	20 N	16 N	0,25 N.m
	o par mínimo positiva	50 N	40 N	0,50 N.m
Entrada de cable	Una entrada roscada para prensaestopa 13, capacidad de apriete 9 a 12 mm.			

(1) Ajuste sobre 360° de 5 en 5° o cada 45° girando la palanca o la brida.
(2) Valor tomado con ataque del móvil a 100 mm de la fijación.

Dimensiones



(1) 1 perforación roscada para prensaestopa Pg 13 ó ISO M20 x 1,5.
(2) Varilla Ø 6 longitud 200 mm.
(3) 282 máx.

(4) 190 máx.
Ø : 2 perforaciones extendidas Ø 5,3 x 7,3.

ANEXO 7

ACERO AISI 1045

ACERO AISI-SAE 1045 (UNS G10450)

1. Descripción: es un acero utilizado cuando la resistencia y dureza son necesarios en condición de suministro. Este acero medio carbono puede ser forjado con martillo. Responde al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción, pero no es recomendado para cementación o cianurado. Cuando se hacen prácticas de soldadura adecuadas, presenta soldabilidad adecuada. Por su dureza y tenacidad es adecuado para la fabricación de componentes de maquinaria.

2. Normas involucradas: ASTM A108

3. Propiedades mecánicas: Dureza 163 HB (84 HRb)
Esfuerzo de fluencia 310 MPa (45000 PSI)
Esfuerzo máximo 565 MPa (81900 PSI)
Elongación 16% (en 50 mm)
Reducción de área (40%)
Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Maquinabilidad 57% (AISI 1212 = 100%)

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

5. Propiedades químicas: 0.43 – 0.50 % C
0.60 – 0.90 % Mn
0.04 % P máx
0.05 % S máx

6. Usos: los usos principales para este acero es piñones, cuñas, ejes, tornillos, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches.

7. Tratamientos térmicos: se da normalizado a 900°C y recocido a 790°C

NOTA:

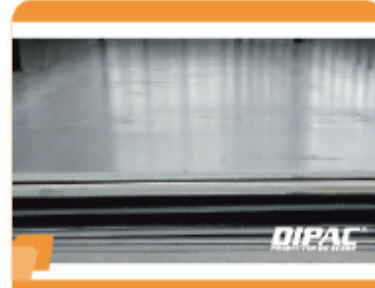
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente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

ANEXO 8

ACERO ASTM A-36

**PLANCHAS
LAMINADAS AL CALIENTE**
Especificaciones Generales

Norma	Ver tabla
Espesores	1.20mm a 100.00mm
Rollos	Ancho 1000mm, 1220mm, 1500mm, 1800mm
Planchas	4 x 8 pies y a medida


Calidad Comercial

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS			NORMA EQUIVALENTE
	% C	%Mn	%P	%S	%Si	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= 0e	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33

Calidad Estructural

NORMA	COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				
	% C	%Mn	%P	%S	%Si	%CU	OTROS	Fuercia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alarga- miento %	Doblado 180°	NORMA EQUIVALENTE
ASTM A-588M GRADO A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 GRADO C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		265 min	380 515 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 SS41 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,038 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

ANEXO 9

PLANOS