



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS  
PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA,  
EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

**Karina Isabel Franco López**

Asesorado por el Ing. José Marcos Mejía Son

Guatemala, junio de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS  
PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA,  
EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KARINA ISABEL FRANCO LÓPEZ**

ASESORADO POR EL INGENIERO JOSÉ MARCOS MEJÍA SON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JUNIO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Rivera
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA, EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de mayo de 2019.



**Karina Isabel Franco López**

Guatemala 18 de noviembre de 2019

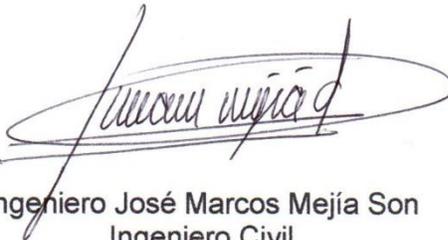
Ingeniero  
Juan Carlos Linares Cruz  
Jefe  
**Departamento de Planeamiento**  
Facultad de Ingeniera  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ingeniero Juan Carlos Linares Cruz,

Por este medio me dirijo a usted para informales que habiendo asesorado a la estudiante Karina Isabel Franco López con el código único de identificación (CUI) **2361 99544 0101**, con registro académico No. **2003 12430**, en el trabajo de graduación **“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA, EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES”** y llenado éste los objetivos trazados, extendiendo la aprobación del mismo.

Por lo tanto, la autora de éste trabajo y mi persona como asesor, nos hacemos responsables del contenido y sus conclusiones.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.



Ingeniero José Marcos Mejía Son  
Ingeniero Civil  
Colegiado 7,401





Guatemala, 24 de febrero de 2020  
EIC-JP-004-2020/jcl

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA, EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Karina Isabel Franco López, quien contó con la asesoría del Ing. José Marcos Mejía Son.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑADA TODOS



ESCUELA FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA CIVIL DEPARTAMENTO  
DE PLANEAMIENTO  
USAC

Ing. Civil Juan Carlos Linares Cruz  
Jefe Del Departamento de Planeamiento

Cc: Estudiante Karina Isabel Franco López  
Archivo





Guatemala, 29 de septiembre de 2020  
DEIC-TG-EIC-010-2020/paap

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ingeniero José Marcos Mejía Son y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Ingeniero Juan Carlos Linares Cruz, al trabajo de graduación de la estudiante Karina Isabel Franco López, **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA, EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



**Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco**  
**Director, Escuela Ingeniería Civil**



Interesado  
Asesora  
Jefe del Departamento de Planeamiento



DTG. 269E.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA ARMADURAS DE REFUERZO UTILIZADOS EN OBRA Y EN PLANTA, EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES**, presentado por la estudiante universitaria: **Karina Isabel Franco López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, julio de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por todas las bendiciones que me ha dado. Llenarme de sabiduría para luchar y alcanzar mis metas. Por la vida y por estar en este momento celebrando este triunfo.
<b>Mi madre</b>	Por todo su amor. Ser mi confidente en cada paso de mi vida y por sus sabios consejos. Por ser muy paciente y apoyarme en todo momento.
<b>Mi padre</b>	Con gran cariño te recuerdo en mi corazón.
<b>Mi hija</b>	Para que este triunfo sea una motivación en tu vida.
<b>Mi hermano</b>	Por ser parte de mi vida. Gracias por todo el apoyo.
<b>Mis abuelos</b>	Gracias por sus consejos los guardo como un gran tesoro en mi corazón.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por todas las bendiciones que me ha dado. Llenarme de sabiduría para luchar y alcanzar mis metas. Por la vida y por estar en este momento celebrando este triunfo.
<b>Mi madre</b>	Por todo su amor. Ser mi confidente en cada paso de mi vida y por sus sabios consejos. Por ser muy paciente y apoyarme en todo momento.
<b>Mi padre</b>	Con gran cariño te recuerdo en mi corazón.
<b>Mi esposo</b>	Por ser mi compañero de vida y apoyo. Por tus palabras de ánimo. Por tu ayuda en todo momento, gracias por todo.
<b>Mi hija</b>	Para que este triunfo sea una motivación en tu vida.
<b>Mi hermano</b>	Por ser parte de mi vida, gracias por todo el apoyo.
<b>Mis abuelos</b>	Gracias por sus consejos los guardo como un gran tesoro en mi corazón.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON CONCRETO ARMADO .....	1
1.1. Antecedentes históricos .....	1
1.2. Tipos de proyectos.....	2
1.2.1. Proyectos de edificación .....	3
1.2.2. Proyectos de obras civiles.....	3
1.2.3. Proyectos de urbanismo.....	3
1.3. Fases de proyectos.....	3
1.3.1. Planificación .....	4
1.3.2. Diseño.....	4
1.3.2.1. Diseño por esfuerzos admisibles (WSD).....	7
1.3.2.2. Diseño por resistencia .....	7
1.3.3. Ejecución .....	8
1.4. Procesos constructivos.....	8
1.4.1. <i>In situ</i> .....	9
1.4.2. Prefabricación.....	10
2. ARMADURAS DE ACERO PARA CONCRETO ARMADO.....	13
2.1. Generalidades .....	13

2.2.	Definiciones y términos.....	13
2.2.1.	Armadura.....	14
2.2.2.	Amarra.....	14
2.2.3.	Concreto armado.....	14
2.2.4.	Durabilidad de un concreto.....	15
2.2.5.	Estribo.....	15
2.2.6.	Zuncho.....	15
2.3.	Tipos de procedimientos.....	16
2.4.	Elementos estructurales.....	17
2.4.1.	Losas.....	17
2.4.1.1.	Losas planas.....	17
2.4.1.2.	Losas en dos direcciones.....	17
2.4.1.3.	Losas nervadas o nervuradas.....	17
2.4.2.	Vigas.....	19
2.4.3.	Columnas.....	19
2.4.3.1.	Columnas con estribos.....	20
2.4.4.	El zuncho.....	20
2.5.	Materiales.....	21
2.5.1.	Acero de refuerzo .....	22
2.5.1.1.	Barra redonda lisa.....	23
2.5.1.2.	Barra corrugada.....	23
2.5.2.	Alambre .....	24
2.5.2.1.	Amarra rápida.....	25
2.5.2.2.	Amarra simple con doble alambre.....	25
2.5.2.3.	Amarra envolvente.....	25
2.5.2.4.	Amarra para muros.....	26
2.5.2.5.	Amarra retorcida .....	26
2.5.2.6.	Amarra cruzada.....	26
2.5.3.	Otras opciones.....	27

	2.5.3.1.	Malla soldada de alambre.....	27
	2.5.3.2.	Grapa.....	28
	2.5.3.3.	Refuerzo en espiral.....	28
2.6.		Soldadura.....	28
2.7.		Métodos de fabricación .....	33
2.8.		Control de calidad.....	34
2.9.		Transporte, manejo y almacenamiento .....	37
	2.9.1.	Transporte.....	38
	2.9.2.	Manejo.....	38
	2.9.3.	Almacenamiento.....	38
	2.9.3.1.	A la intemperie.....	39
	2.9.3.2.	Bajo techo.....	39
3.		SISTEMAS DE FABRICACIÓN DE ARMADURAS.....	41
3.1.		Definiciones .....	41
	3.1.1.	Amarre .....	42
	3.1.2.	Armadura principal .....	42
	3.1.3.	Armadura secundaria .....	42
	3.1.4.	Fabricación de armaduras.....	42
	3.1.5.	Sección de acero o cuantía .....	43
3.2.		Procesos de corte y doblado.....	43
	3.2.1.	Corte .....	44
	3.2.2.	Doblado.....	45
3.3.		Tipos de sistemas de fabricación de armaduras .....	47
	3.3.1.	Sistema tradicional.....	48
	3.3.1.1.	Recurso humano .....	49
	3.3.1.2.	Herramientas y maquinaria especiales .....	49
	3.3.1.3.	Programación de obra .....	49
	3.3.1.4.	Materia prima .....	49

3.3.1.5.	Plan de protección a la salud y seguridad industrial.....	49
3.3.2.	Sistema industrializado.....	50
3.3.2.1.	Materiales .....	51
3.3.2.2.	Recurso humano .....	52
3.3.2.2.1.	El maestro armador (ferrallista)	52
3.3.2.2.2.	Ayudante de maestro armador .	53
3.3.2.2.3.	Jefe de taller (maestro de ferralla) .....	54
3.3.2.2.4.	Ayudante .....	55
3.4.	Costos de fabricación de elementos para armaduras.....	55
3.5.	Diferencias entre los métodos de los sistemas.....	56
3.6.	Ventajas y desventajas de los métodos.....	58
3.7.	Control de calidad.....	61
3.7.1.	Fabricados en obra.....	62
3.7.2.	Fabricados en planta.....	62
3.8.	Descripción de ensayos de laboratorio varillas de acero de Refuerzo.....	63
3.8.1.	Ensayo de resistencia a tensión.....	63
3.8.1.1.	Método .....	64
3.8.1.2.	Resultado del ensayo .....	66
3.8.1.3.	Cálculo de parámetros .....	67
3.8.1.4.	Curva esfuerzo-deformación .....	68
3.8.1.4.1.	Zona A.....	68
3.8.1.4.2.	Zona B.....	69
3.8.1.4.3.	Zona C.....	69
3.8.1.4.4.	Zona D.....	69
3.8.2.	Ensayo de doblado de barras .....	71
3.8.2.1.	Procedimiento del ensayo de doblado.....	73

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	75
4.1.	Presentación de resultados.....	76
4.1.1.	Resultados de la encuesta .....	76
4.1.1.1.	Información personal de los encuestados..	77
4.1.1.2.	Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado .....	77
4.1.1.3.	Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obras.....	81
4.1.1.4.	Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta.....	84
4.1.2.	Resultados de la observación directa a proyectos de construcción.....	86
4.1.2.1.	Visita al proyecto de construcción de apartamentos ubicado en zona 14, ciudad Guatemala.....	86
4.1.2.2.	Visita al proyecto de construcción de apartamentos ubicado en zona 10, ciudad Guatemala.....	87
4.1.2.3.	Visita al proyecto ubicado en zona 15, ciudad Guatemala .....	87
4.1.2.4.	Visita al proyecto ubicado en zona 9, ciudad Guatemala .....	88
4.1.3.	Resultado de la comparación de costos de los sistemas de fabricación de armaduras de refuerzo ....	88
4.2.	Descripción y análisis de resultados .....	89
4.2.1.	Encuesta .....	89
4.2.1.1.	Principales áreas de desempeño.....	90
4.2.1.2.	Tipos de proyectos en los que ha	

	participado el encuestado.....	90
4.2.1.3.	Tipos de elementos para armaduras que han utilizado .....	90
4.2.1.4.	Métodos de fabricación de armaduras de refuerzo que conocen.....	91
4.2.1.5.	Porcentaje del presupuesto utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo .....	92
4.2.1.6.	Existe diferencia en los costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs los fabricados en planta .....	92
4.2.1.7.	Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs los fabricados en planta .....	93
4.2.1.8.	Existen diferencias entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs los fabricados en planta .....	93
4.2.1.9.	La fabricación de elementos para armaduras de refuerzos en obra, es una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado .....	94
4.2.1.10.	Porcentaje que representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra .....	95
4.2.1.11.	Beneficios que ha obtenido fabricar en	

obra los refuerzos armados .....	95
4.2.1.11.1. Costos .....	95
4.2.1.11.2. Personal .....	96
4.2.1.11.3. Tiempo de ejecución .....	96
4.2.1.11.4. Control de calidad de producción .....	97
4.2.1.11.5. Transporte y manejo de los materiales .....	97
4.2.1.11.6. Espacio disponible .....	97
4.2.1.11.7. Clima .....	97
4.2.1.11.8. Salud y seguridad en obra .....	98
4.2.1.12. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo (corte y doblado) se han presentado fracturas en la varilla de acero .....	98
4.2.1.13. Experiencia de robo de varillas de acero en los proyectos .....	99
4.2.1.14. La fabricación de armaduras en planta se considera como opción favorable .....	99
4.2.1.15. Beneficios que han obtenido fabricar en obra los refuerzos armados .....	99
4.2.1.16. Costos .....	100
4.2.1.17. Recurso humano .....	100
4.2.1.18. Control de calidad de producción .....	100
4.2.1.19. Espacio disponible.....	101
4.2.1.20. Protección a la salud y seguridad .....	101
4.2.1.21. Tiempo de ejecución .....	102
4.2.1.22. Transporte y manejo de los materiales ....	102
4.2.1.23. Clima .....	102

4.2.2.	Observación directa en visitas a obras.....	103
4.2.3.	Comparación de costos de los sistemas de fabricación de armaduras de refuerzo.....	105
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES.....		109
BIBLIOGRAFÍA.....		111
APÉNDICES.....		119
ANEXOS.....		129

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Fundición de elementos de concreto armado.....	11
2.	Elementos estructurales de concreto armado.....	18
3.	Armado y fundición de columnas.....	21
4.	Tipos de corrugación en barras de acero.....	24
5.	Tipos de amarras con alambre en armaduras de refuerzo.....	27
6.	Detalle soldadura empalme a tope directo.....	30
7.	Detalle soldadura empalme a tope indirecto.....	31
8.	Detalle soldadura empalme soldado a solapo.....	32
9.	Posición de la soldadura.....	33
10.	Identificación de barras de acero en Guatemala.....	37
11.	Tipos de refuerzo transversal.....	44
12.	Detalle método de medición y esquematización de piezas dobladas.....	45
13.	Control doblado de barras en obra.....	61
14.	Falla típica ensayo a tensión barras de acero de refuerzo.....	66
15.	Diagrama esfuerzo-deformación de una barra de acero.....	70
16.	Medición de elongación.....	71
17.	Varillas fracturadas durante el corte y doblado en obra.....	72

## TABLAS

I.	Clasificación del acero por grado según sistemas de medida .....	35
II.	Calidades de acero de refuerzo .....	36
III.	Ejemplo de hoja de pedido del acero de acuerdo con el respectivo despiece .....	46
IV.	Factores que afectan los costos en cada sistema.....	56
V.	Diferencias entre el método fabricado en obra y el fabricado en planta .....	57
VI.	Ventajas y desventajas de la fabricación de armaduras en obra.....	59
VII.	Ventajas y desventajas de la fabricación de armaduras en planta ....	60
VIII.	Áreas de desempeño de los encuestados .....	77
IX.	Tipos de proyectos en los que ha participado .....	78
X.	Métodos de fabricación de armaduras de refuerzo que conoce .....	78
XI.	Tipos de elementos para armaduras utilizado.....	79
XII.	Porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo.....	79
XIII.	¿Existen diferencias de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vr fabricados en planta?.....	80
XIV.	¿La calidad de los elementos para armaduras de refuerzo, fabricados en obra vr fabricados en planta tiene diferencias?.....	80
XV.	¿Existen diferencias entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vr los fabricados en planta?.....	81
XVI.	¿Considera crítica la fabricación de las armaduras de refuerzo en obra en la ejecución de los proyectos? .....	81
XVII.	Porcentaje que representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra.....	82

XVIII.	Beneficios que ha obtenido al fabricar en obra los refuerzos armados .....	82
XIX.	¿La varilla de acero presenta fracturas al fabricar en obra las armaduras de refuerzo? .....	83
XX.	¿Ha tenido experiencia de robo de varillas de acero?.....	83
XXI.	La fabricación de planta de armaduras de refuerzo es una opción favorable .....	84
XXII.	Tipos de elementos para armaduras fabricadas en planta que ha utilizado.....	85
XXIII.	Beneficios obtenidos al fabricar en planta los refuerzos armados .....	85
XXIV.	Necesidad de contar con información acerca de la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta .....	86
XXV.	Costos de los sistemas de fabricación de armadura evaluados .....	89



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área
<b>cm</b>	Centímetros
<b>d</b>	Día
<b>∅</b>	Diámetro de varilla de hierro
<b>V<sub>max</sub></b>	Esfuerzo cortante
<b><i>fy</i></b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b>FO</b>	Fabricación en obra
<b>FP</b>	Fabricación en planta
<b>h</b>	Hora
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>Mpa.</b>	Mega pascales
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetros
<b>NTG</b>	Norma técnica guatemalteca
<b>W</b>	Peso
<b>%</b>	Porcentaje
<b>F'y</b>	Resistencia del acero a la tensión
<b>ACI</b>	Siglas en ingles del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute)
<b>Σ</b>	Sumatoria
<b>T</b>	Tiempo
<b>Ton</b>	Tonelada



## **GLOSARIO**

<b>Actividad</b>	Conjunto de operaciones propias de un proyecto.
<b>Adherencia</b>	Fuerza de unión entre el concreto y el acero.
<b>Alargamiento</b>	Alteración de la longitud por unidad de longitud original. Generalmente expresada en porcentaje.
<b>Construcciones civiles</b>	Obras realizadas por los profesionales de esta área. Tienen el trabajo de supervisar, planificar y dirigir estructuras. Asimismo, las construcciones civiles se definen como el espacio que lleva a cabo la edificación de una instalación de uso privado o público, rural o urbano.
<b>Corrosión</b>	Interacción destructiva de un metal/aleación por reacción química o electroquímica con el medio ambiente que lo rodea.
<b>Diámetro nominal</b>	Diámetro con que se designan las barras y el diámetro con el que se obtienen los valores nominales del perímetro, del área de la sección transversal y del peso por metro lineal de la barra.

<b>Ferralla</b>	Denominación utilizada para referirse al conjunto de barras de acero ya elaboradas, para armar el concreto de todas las partes de la construcción.
<b>Ferrallista</b>	Operario encargado de doblar y colocar convenientemente la varilla o el redondo de hierro para formar el esqueleto de una obra de concreto armado.
<b>Sistema estructural</b>	Conjunto de elementos tales como muros, columnas, pantallas, vigas y entrepisos que cumplen la función de soportar las cargas verticales y horizontales.
<b>Varilla corrugada</b>	Varilla de hierro de refuerzo que satisface los requisitos mínimos en su corrugación.
<b>Varilla lisa</b>	Varilla de hierro sin corrugaciones. En construcción se utiliza únicamente varilla lisa no. 2 o $\emptyset 1/4$ ", a excepción que se indique en los planos.
<b>Vida útil</b>	Período previsto para que un mecanismo de daño o un agente agresor inicie el deterioro del concreto habiéndose vencido la barrera de protección, pero sin que haya iniciado el debilitamiento de la estructura.

## RESUMEN

Dentro de las actividades de construcción de obras civiles la fabricación de armaduras de acero de refuerzo, y sus componentes para diferentes elementos estructurales, es básica. En obras civiles de concreto armado los procesos de corte y doblado pueden realizarse tanto en obra como en industrias especializadas. Deben contar con plantas de cortado y doblado que suministran a las obras el material listo para su instalación.

En la actualidad, los procesos de fabricación de armaduras de acero para concreto armado se han industrializado. De acuerdo con las referencias consultadas y los resultados del trabajo de campo, en Guatemala se fabrican y comercializan estos productos. Su demanda ha aumentado por lo que es importante generar información relacionada con el tema.

El proceso de investigación comprende un estudio comparativo entre los sistemas de fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en plantas o industrializado y el tradicional preparado en obra, la descripción de las diferencias y beneficios de ambos sistemas.

Se determinó las ventajas y desventajas de ambos sistemas. Se evaluó los dos sistemas de fabricación de elementos para armaduras de refuerzo a partir de los procesos, costos, rendimientos, pérdidas, logística y optimización de espacios para proyectos de construcción. La metodología incluyó revisión bibliográfica, visitas a proyectos y encuesta a profesionales de la construcción civil.



# OBJETIVOS

## General

Comparar los sistemas de fabricación de armaduras para concreto armado, el tradicional fabricado en obra, con el industrializado, determinando cuál de estos proporciona mayores ventajas.

## Específicos

1. Describir los procesos de preparación de las armaduras de acero para concreto armado.
2. Comparar los costos, rendimientos, pérdidas y utilización de espacios del sistema de fabricación de elementos para armaduras en obra o en planta.
3. Determinar las ventajas y desventaja del sistema tradicional de fabricación de elementos para armaduras en obra y del sistema industrializado.
4. Presentar los diferentes productos que ofrece en el mercado una empresa especializada en el corte y doblado de elementos para armaduras de refuerzo de estructuras de concreto armado.



## INTRODUCCIÓN

La construcción de obras civiles utilizando concreto armado aumenta cada año en Guatemala. La preparación e instalación de armaduras de refuerzo es un proceso que implica tiempo y mano de obra. Es importante que este proceso sea programado y continuo con el fin de no atrasar la colocación del encofrado y el vaciado del concreto. Los procesos de corte y doblado pueden realizarse tanto en obra como en industrias especializadas. El método tradicional es aquel en el cual todo elemento es preparado en obra.

En la actualidad la fabricación de elementos para armaduras de acero de refuerzo se ha industrializado, mediante plantas de cortado y doblado que suministran a las obras el material listo para ser instalado.

En el capítulo uno se desarrolla el tema de proyectos de construcción con concreto armado, incluyendo aspectos como antecedentes históricos, tipos y fases de proyectos y los procesos constructivos. El capítulo dos presenta información acerca de las armaduras de acero para concreto armado, definiciones y términos, materiales y métodos de fabricación.

En el capítulo tres se describen los sistemas de fabricación de armaduras. Se abordan definiciones, procesos de corte y doblado y aspectos importantes sobre los sistemas de fabricación. El capítulo cuatro incluye la presentación, descripción y análisis de los resultados obtenidos. Seguido por conclusiones y recomendaciones que se consideró pertinentes. La parte final contiene la bibliografía utilizada para el sustento teórico del informe, apéndices y anexos.



# 1. PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN CON CONCRETO ARMADO

## 1.1. Antecedentes históricos

Los romanos utilizaron concreto en sus obras. Tras la caída del imperio, el uso del concreto decae hasta la segunda mitad del siglo XVIII cuando se vuelve a emplear en Inglaterra y Francia. A finales del siglo XIX se comienza a utilizar el concreto en países como Alemania y Estados Unidos. A partir de 1890 su uso alcanzó un gran impulso”.<sup>1</sup>

Las propiedades físicas y mecánicas del concreto condicionan su uso. Se debe considerar que “El concreto es un material relativamente frágil, con una baja resistencia a la tensión comparada con la resistencia a la compresión, lo que impide su utilización económica en elementos estructurales sometidos a tensión”.<sup>2</sup>

“El concreto armado debe su evolución a las etapas históricas de los elementos que lo integran: acero y concreto, “la época moderna del concreto nace cuando Smeaton, en 1756, utiliza la marga calcinada de cal, para la construcción del faro de Eddingstone, en Inglaterra”.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> YEPES PIQUERAS, Víctor. *Breve introducción a los orígenes del hormigón armado*. p.9

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> GERVACIO JIMÉNEZ, Marcos. *Detallado de acero de refuerzo en estructuras de concreto*. p. 149.

“Los usos iniciales del concreto armado reforzado no son bien conocidos, algunos de los trabajos iniciales fueron hechos por los franceses, Lambot y Joseph Monier en el año 1850; las bondades del concreto reforzado generan un amplio uso en la mayoría de las obras de ingeniería”.<sup>4</sup>

El desarrollo de la tecnología del concreto y las condiciones de servicio han generado los diferentes tipos que existen en la actualidad: “desde mediados del siglo XX hasta la actualidad, la investigación en los diferentes ámbitos de utilización del concreto armado, ha producido importantes descubrimientos en el ámbito de la potenciación de determinadas características del material con la aparición de nuevos aditivos”.<sup>5</sup>

Los materiales utilizados para producir el concreto armado y su dosificación tienen gran importancia, debido a que mejoran su comportamiento estructural. En UAX se indica que “Ahora es posible producir concretos con resistencias a la compresión cuatro a cinco veces mayores que los concretos comunes, también se ha logrado la producción de aceros cuya resistencia a la fluencia es del orden de cuatro y más veces que la de los aceros comunes de refuerzo, a costos relativamente bajos”.<sup>6</sup>

## **1.2. Tipos de proyectos**

El concreto es un material utilizado en todo tipo de estructuras: edificios, puentes, pavimentos, presas, muros de contención, túneles, viaductos, instalaciones de drenaje e irrigación, tanques, entre otros. Los tipos de proyectos

---

<sup>4</sup> GERVACIO JIMÉNEZ, Marcos. *Detallado de acero de refuerzo en estructuras de concreto*. p. 149.

<sup>5</sup> NISTAL CORDERO, Ángel., RETANA MAQUEDA, María. y RUÍZ ABRIO, María. *El hormigón: historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia*. p. 7.

<sup>6</sup> NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p.27.

de construcción con concreto armado según el lugar de actuación, se pueden dividir en tres grupos.

### **1.2.1. Proyectos de edificación**

Tienen como objetivo la construcción de un edificio que albergará un uso o varios usos predeterminados. Estos configuran las dimensiones, las proporciones, el funcionamiento y las características constructivas de ese edificio.<sup>7</sup>

### **1.2.2. Proyectos de obras civiles**

Tienen como objetivo la construcción de elementos de gran importancia a nivel de comunicaciones, abastecimiento, seguridad, entre otros. Abarcan todas las obras necesarias para urbanizar un terreno: abastecimiento de agua, electricidad, telefonía, gas, saneamiento, red viaria y zonas verdes.

### **1.2.3. Proyectos de urbanismo**

Tienen por objeto la ordenación de un territorio que será más o menos grande en función de la figura de planeamiento utilizada.

## **1.3. Fases de proyectos**

Las fases de proyectos de construcción son: planificación, diseño y ejecución. Concluyen con la entrega al cliente, muchas veces, es preciso

---

<sup>7</sup> LEONARDO, Carlos. *Tipos de proyectos según el lugar de actuación*. <http://www.proyectistas.com/proyecto/proyecto>.

continuar prestando servicios de gestión de instalaciones, mantenimiento y operaciones.<sup>8</sup>

### **1.3.1. Planificación**

De acuerdo con las características del proyecto, antes de empezar a construir, se debe planificar lo que se va a hacer con el propósito de alcanzar los objetivos planteados en un tiempo determinado. Esta actividad incluye aspectos de producción, control de calidad, financieros y de la salud y seguridad ocupacional.

Las estructuras de concreto armado tienen ciertas características derivadas de los procedimientos usados en la construcción. Una buena planificación permite conseguir varios beneficios como la reducción del costo, la reducción del tiempo de ejecución y el mejoramiento de la calidad del proyecto.

### **1.3.2. Diseño**

El diseño de estructuras de concreto armado consiste en determinar las dimensiones y características de sus elementos constituyentes para que puedan cumplir la función para la cual fueron concebidas. Es importante lograr un comportamiento dúctil bajo cargas de gravedad y especialmente frente a sollicitaciones sísmicas severas.<sup>9</sup>

Las fuerzas sísmicas pueden determinarse mediante análisis dinámicos elásticos o inelásticos. Se tienen en cuenta las aceleraciones esperadas del terreno, la masa, la rigidez y el amortiguamiento de la construcción.

---

<sup>8</sup> LEONARDO, Carlos. *Tipos de proyectos según el lugar de actuación*. <http://www.proyectistas.com/proyecto/proyecto.htm>.

<sup>9</sup> *Ibíd.*

El diseño de estructuras de concreto se basa en códigos o normas que dan requisitos específicos para materiales, para el análisis estructural, para el dimensionamiento de elementos, entre otros.

En Guatemala la mayoría de los edificios en concreto reforzado y construcciones similares se diseñan de acuerdo a las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala, en el capítulo 5, Documentos de construcción, numeral 5.1, Documentos de diseño estructural, se establece en el numeral 5.1.1 que “los documentos de diseño estructural que deben acompañar la solicitud del permiso de construcción son como mínimo: planos estructurales, memorias de diseño estructural y estudio geotécnico”.<sup>10</sup>

Ley Preliminar de Urbanismo, artículo 2 “Esta Ley tiene por objeto el establecimiento de las normas preliminares que las municipalidades de la República deberán poner en práctica en el estudio del plan regulador de su jurisdicción, así como los trabajos iniciales básicos que ayuden a resolver en forma técnica los problemas que se presentan en el desarrollo de la planificación urbanística de las poblaciones, dentro de las áreas de influencia urbana que se delimiten. según el Artículo 6º Artículo 6 El área de influencia urbana de la ciudad de Guatemala encierra a la ciudad y los terrenos que la rodean, susceptibles de incorporarse a sus sectores urbanos; la municipalidad de dicha ciudad.”<sup>11</sup>

El RG-1, Plan Regulador, Reglamento de Construcción de la ciudad de Guatemala, Artículo 1º. Este Reglamento rige todas las actividades de

---

<sup>10</sup> Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala AGIES NSE 1-10. Generalidades, administración de las normas y supervisión técnica.* p.15.

<sup>11</sup> Gobierno de la República de Guatemala. Ley Preliminar de Urbanismo. Decreto 583. 1956. p 1-2.

construcción, ampliación, modificación, reparación y demolición de edificaciones que se lleven a cabo en la Ciudad de Guatemala y dentro del área de influencia urbana, según el Artículo 6º de la Ley Preliminar de Urbanismo, Decreto Presidencial 583, ejercerá control urbanístico sobre dicha área, la cual queda sujeta a las disposiciones de esta Ley.<sup>12</sup>

Con respecto a la utilización de barras de acero la norma COGUANOR NGO 36 011 6/21 tiene por objeto establecer las especificaciones para las barras de acero, sin exigencias especiales de soldabilidad, empleadas como refuerzo en el hormigón armado (concreto). Esta norma guatemalteca es aplicable a la barra corrugada de acero de refuerzo para hormigón armado (concreto), fabricación nacional o de importación, para los grados: grado 280 [40], grado 414 [60], y grado 517 [75]. Esta norma no es aplicable al acero de pre-esfuerzo. Numeral 6, materias primas y materiales, establece: “los lingotes y palanquillas empleados para la fabricación de las barras de acero de refuerzo para hormigón armado, deberán tener un contenido de fósforo no mayor de 0,060 % y de azufre no mayor de 0,060 %; sin embargo, en un análisis de comprobación realizado en una barra terminada. Se podrá aceptar como máximo 0,075 % de fósforo. La comprobación de la composición química sobre producto solo se realizará si se solicita expresamente en el pedido o en aquellos casos en que a partir de los ensayos mecánicos puedan presentarse dudas razonables sobre la calidad del material.<sup>13</sup>

---

<sup>12</sup> Municipalidad de Guatemala. RG-1 Plan Regulador, *Reglamento de Construcción de la ciudad de Guatemala*. Título I Disposiciones generales Capítulo II Generalidades y definiciones Artículo 1º. p.1.

<sup>13</sup> Gobierno de la República de Guatemala. Comisión Guatemalteca de Normas Ministerio de Economía. COGUANOR. Norma Guatemalteca Obligatoria (NGO) 36011:2005. Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto Especificaciones. p. 21.

### **1.3.2.1. Diseño por esfuerzos admisibles (WSD)**

Durante muchos años el concreto armado se diseñó utilizando el método (filosofía) denominado diseño por esfuerzos admisibles (en inglés WSD, Working Stress Design) también denominado diseño elástico.<sup>14</sup>

### **1.3.2.2. Diseño por resistencia**

Al principio se le denominó diseño por resistencia última o diseño a la rotura (ultimate strength design o USD). Actualmente se le conoce con el nombre de diseño por resistencia (strength design method). Este método es, en esencia, un diseño por estados límites con la particularidad que la atención se centra en los estados límites últimos. Los estados límites de servicio se verifican luego del diseño de los refuerzos de acero.<sup>15</sup>

El diseño estructural termina con la elaboración de los planos estructurales, los que incluyen las dimensiones de los elementos que conforman la estructura y para cada uno. Se encuentra definido el acero de refuerzo, la configuración, espesor del recubrimiento, diámetro, longitud, ubicación y longitudes de los traslpos, distribución de flejes y separación entre ellos.<sup>16</sup>

En el Manual del acero Gerdau Diaco, para construcciones resistentes, el autor afirma que es necesario previo al proceso constructivo la coordinación de planos relacionada con la mejor comprensión de los diseños con los que se ejecutará la construcción.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> NILSON, Arthur. Diseño de estructuras de concreto. p.28

<sup>15</sup> Ibid.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 28.

### **1.3.3. Ejecución**

Durante esta fase se debe contar obligatoriamente con todos los recursos necesarios para la construcción: los materiales, mano de obra, equipos y responsables. La construcción involucra diversas especialidades como instalaciones eléctricas, sanitarias, mecánicas, estructuras, arquitectura, entre otras. También la utilización de gran cantidad de recursos.<sup>18</sup>

Definir el tipo de concreto necesario en un proyecto es importante. Se debe considerar la ubicación del proyecto, la durabilidad del concreto y las condiciones de servicio de la estructura.

Para obtener alta calidad y durabilidad del concreto es necesario considerar la dosificación adecuada que permita obtener un concreto de buena calidad. Vigilar que los procesos de mezcla, manejo, colocación y curado del concreto se realicen de la mejor manera. El diseño de la resistencia a la compresión del concreto utilizado debe ser de acuerdo al diseño estructural.

Asimismo, se debe considerar el comportamiento acorde con los servicios que se esperan de la estructura y realizar control de calidad en obra que incluya la toma de muestras para comprobar su calidad.

## **1.4. Procesos constructivos**

Se define como método constructivo a un procedimiento que debe seguirse para ejecutar un proyecto. Incluye el tipo de construcción y los

---

<sup>18</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 27.

materiales a utilizar. Es necesario establecer los procedimientos y metodologías que deben seguirse en los procesos propios de la construcción.

Es necesario conocer cada una de las etapas del proceso de construcción del proyecto y del comportamiento del concreto para alcanzar los resultados esperados. Las propiedades del concreto varían ampliamente debido a los materiales utilizados, las condiciones de dosificación y mezclado.

Se presentan los principales procedimientos constructivos en concreto armado:

#### **1.4.1. *In situ***

“Cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva, se dice que las estructuras han sido coladas *in situ*. Este procedimiento obliga a una secuencia determinada de operaciones, debido a que para iniciar cada etapa es necesario esperar que se haya concluido la anterior. Es necesario a menudo construir obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva”.<sup>19</sup>

También es necesario habilitar el acero y el lugar donde se colocarán los materiales para evitar la corrosión, operaciones que influyen decisivamente en el costo.

---

<sup>19</sup> ORTA, Luis. Diseño de estructuras de concreto reforzado. p. 14

### 1.4.2. Prefabricación

Si se fabrica en un lugar distinto a su posición definitiva en la estructura, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación. En este caso, se economiza en la obra falsa, en el transporte del concreto fresco y se pueden realizar simultáneamente varias etapas de la construcción.

“Este procedimiento presenta el inconveniente de los costos adicionales de montaje y transporte de los elementos prefabricados y, además, el problema de desarrollar conexiones efectivas entre los elementos”.<sup>20</sup>

También señalan que el control de calidad del concreto en estructuras prefabricadas generalmente es más riguroso que en las fundiciones en obra. Las armaduras deberán instalarse de manera segura, niveladas, aplomadas, amarradas y con la pendiente correcta e indicada para que se mantengan en su sitio durante el vaciado y vibrado del concreto. Este último en su estado plástico ejerce fuerzas verticales y horizontales.

Se debe considerar los elementos que forman las armaduras de refuerzo y el recubrimiento recomendado por el diseñador. Es necesario instalar separadores para no transgredir los espesores de los recubrimientos especificados en los planos.

“El recubrimiento no solo es fundamental en aspectos como la durabilidad de las estructuras de concreto armado por suponer una barrera física ante la

---

<sup>20</sup> ORTA, Luis. Diseño de estructuras de concreto reforzado. p.15

entrada de agentes agresivos, sino que también desempeña un papel decisivo en la adherencia concreto–acero, al determinar el tipo de fallo”.<sup>21</sup>

Figura 1. **Fundición de elementos de concreto armado**



Fuente: proyecto de construcción ubicado en zona 9 de ciudad Guatemala, año 2019.

---

<sup>21</sup> RONDON, Carlos, *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 53



## **2. ARMADURAS DE ACERO PARA CONCRETO ARMADO**

Las estructuras de concreto armado son el resultado de la mezcla de concreto con armazones de acero lo que brinda rigidez, capacidad antisísmica y un acabado final aceptable.

### **2.1. Generalidades**

La dosificación y el mezclado del concreto son importantes para que este alcance sus propiedades físicas y mecánicas. “El concreto armado se fabrica en estado plástico, lo que obliga a usar moldes que lo sostengan mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea auto soportante; las estructuras de concreto son muy rígidas y requieren de poco mantenimiento”.<sup>22</sup>

El concreto armado cuenta con refuerzo de acero de acuerdo al diseño particular de cada estructura: “la armadura es parte fundamental del concreto armado, por lo que un buen diseño no está completo sin un correcto acabado, se debe indicar la ubicación, longitud y forma de los refuerzos”.<sup>23</sup>

### **2.2. Definiciones y términos**

Se presentan las definiciones y términos relacionados con las armaduras de acero para concreto armado.

---

<sup>22</sup> ORTA, Luis. *Diseño de estructuras de concreto reforzado*. p. 33

<sup>23</sup> *Ibíd.*

### **2.2.1. Armadura**

Está constituida por los elementos de acero que se encuentran recubiertos por el concreto. De esta manera se forma el concreto armado donde ambos materiales (concreto y acero) actúan conjuntamente para resistir las cargas y esfuerzos necesarios. La armadura se encarga de suministrarle ductilidad al elemento para que este pueda deformarse ampliamente antes de permitir el colapso, puede ser longitudinal o transversal. Cada una de ellas cumple funciones específicas e importantes para garantizar la estabilidad del elemento estructural y de la estructura como un todo.<sup>24</sup>

### **2.2.2. Amarra**

“Las amarras se utilizan para fijar barras entre sí durante el proceso de construcción (armado de los refuerzos y hormigonado de los elementos), generalmente son de alambre recocido”.<sup>25</sup>

### **2.2.3. Concreto armado**

Concreto que contiene hierro de refuerzo. Se calcula presumiendo que el hierro y concreto trabajan juntos para resistir los esfuerzos.<sup>26</sup>

---

<sup>24</sup> GARCIA SOLOGAISTOA, Adolfo. *Consideraciones Generales sobre Concreto Reforzado*. p. 111.

<sup>25</sup> *Ibíd.*

<sup>26</sup> LARREA PALACIOS, Pablo. *Detalle refuerzo acero. Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado*. p. 10.

#### **2.2.4. Durabilidad de un concreto**

Se refiere a la resistencia de la acción del clima, a los ataques químicos, a la abrasión, o cualquier otro proceso de deterioro. “Un concreto durable es aquel que mantiene su forma original, su calidad y sus propiedades al estar expuesto al medio ambiente”.<sup>27</sup>

#### **2.2.5. 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), o doblados, en forma de L, de U o de formas rectangulares. Están situados perpendicularmente o en ángulo, con respecto a la armadura longitudinal. El término se aplica a la armadura transversal de elementos sujetos a flexión y el término amarra a los que están en elementos sujetos a compresión. Si existen esfuerzos de torsión el estribo debe ser cerrado.<sup>28</sup>

#### **2.2.6. Zuncho**

Amarra continúa 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.<sup>29</sup>

---

<sup>27</sup> LARREA PALACIOS, Pablo. Detalle refuerzo acero. Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado. p. 12.

<sup>28</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 85.

<sup>29</sup> LARREA PALACIOS, Pablo. Detalle refuerzo acero. Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado. p. 12.

### 2.3. Tipos de procedimientos

Los dos procedimientos principales que existen para construir estructuras de concreto armado son: elementos estructurales de concreto colados *in situ* y elementos prefabricados de concreto.<sup>30</sup>

Se indica que el procedimiento a utilizar en la construcción influye de manera importante en el tipo de estructura que se adopte. Así mismo, señala que el recubrimiento mínimo de concreto, especificado como protección de las armaduras contra la acción del clima, contaminación atmosférica, corrosión y al fuego debe medirse, según el Código ACI 318-05.<sup>31</sup>

Actualmente en Guatemala se utilizan dos métodos de fabricación de armaduras de refuerzo: el método tradicional y el método industrializado. “El proyectista debe elegir entre estas dos alternativas, guiándose siempre por las ventajas económicas, constructivas y técnicas que pueden obtenerse encada caso. Cualquiera que sea la alternativa que escoja, esta elección influye de manera importante en el tipo de estructuración que se adopte”.<sup>32</sup>

En el caso que esté prevista una ampliación futura, las barras que queden expuestas deberán ser protegidas adecuadamente contra la corrosión o agentes agresivos del medio ambiente.

---

<sup>30</sup> LARREA PALACIOS, Pablo. Detalle refuerzo acero. Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado. p. 13.

<sup>31</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 98

<sup>32</sup> MÉNDEZ DEARA, Víctor. *Diseño de elementos de concreto reforzado.* p. 17.

## **2.4. Elementos estructurales**

Los elementos estructurales son que se utilizan para las armaduras de refuerzo en las obras de construcción.

### **2.4.1. Losas**

“Son elementos estructurales cuyas dimensiones en planta son relativamente grandes en comparación con su peralte, las losas se clasifican generalmente por la forma en que están soportadas, lo que determina su comportamiento de flexión; en general, las losas se clasifican como losas macizas en una o en dos direcciones, pueden fallar en cortante, por penetración o por flexión”.<sup>33</sup>

Son elementos sujetos a flexión que distribuye la carga o cargas horizontalmente en una o más direcciones. Dentro de un solo plano (comportamiento de placa), cuya resistencia a la flexión, es similar a la de una viga.

#### **2.4.1.1. Losas planas**

Son aquellas que se apoyan directamente sobre columnas sin la indeterminación de vigas.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> GUERRA LUNA, Isaías. Recomendaciones para evaluación y reforzamiento de losas macizas existentes, con el sistema de láminas de polímeros reforzado con fibras de carbono. p.8

<sup>34</sup> ARRIAGA RUIZ, Daniel. Losas planas. [https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO\\_1\\_LOSAS\\_PLANAS](https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO_1_LOSAS_PLANAS).

### 2.4.1.2. Losas en dos direcciones

Las losas cuyas deflexiones ocurren en las dos direcciones se denominan losas en dos direcciones. Se caracterizan porque se apoyan en vigas. Podría decirse que las losas en una dirección son un caso de estas.<sup>35</sup>

### 2.4.1.3. Losas nervadas o nervuradas

Se utilizan para reducir el peso, así como la utilización de materiales y por consiguiente el costo. Son una variante de la losa maciza, como un conjunto de viguetas que se cruzan con espaciamentos cortos en relación con el claro. Estas viguetas sirven como apoyo a una losa delgada superior. Pueden diseñarse, ya sea, como losas planas o como losas reforzadas en dos direcciones.<sup>36</sup>

Figura 2. **Elementos estructurales de concreto armado**



Fuente: ARRIAGA RUIZ, Daniel. Losas planas. [https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO\\_1\\_LOSAS\\_PLANAS](https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO_1_LOSAS_PLANAS).

<sup>35</sup> ARRIAGA RUIZ, Daniel. Losas planas. [https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO\\_1\\_LOSAS\\_PLANAS](https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO_1_LOSAS_PLANAS).

<sup>36</sup> GARCÍA SOLOGAISTOA, Adolfo. *Consideraciones Generales sobre Concreto Reforzado*. p.23

### **2.4.2. Vigas**

Son elementos importantes en las estructuras de concreto armado: “las vigas son los miembros estructurales, generalmente colocados en forma horizontal, a las que se les aplican cargas perpendiculares a lo largo del eje (cargas de flexión). El uso principal de una viga es servir de apoyo a otro elemento estructural, la losa”.<sup>37</sup>

En el diseño de las vigas se deben de considerar diferentes aspectos como la geometría y las cargas aplicadas: “Para alcanzar el grado óptimo de eficiencia en un entramado de vigas, su longitud en ambos sentidos debe ser igual, porque así trabajan de la misma forma. El claro de una viga se cuenta a partir del centro del apoyo, siempre que el ancho de este no sea mayor que el peralte efectivo de la viga; en caso contrario, el claro se contará a partir de la sección que se halla a medio peralte efectivo del paño interior del apoyo”.<sup>38</sup>

### **2.4.3. Columnas**

Una columna es un miembro estructural lineal. Habitualmente vertical que sirve de apoyo a los componentes horizontales. Está sometido a esfuerzos de compresión a lo largo de su eje. Debido a las características del concreto, una columna de concreto simple no puede soportar mucha carga, pero su capacidad aumenta si se agregan barras longitudinales.

Las cargas que se consideran en el diseño de columnas son principalmente de flexión y compresión: “Las columnas son diseñadas con una

---

<sup>37</sup> CAMACHO, Jheu Miembros en flexión, trabes y vigas. p.21

<sup>38</sup> GARCÍA SOLOGAISTOA, Adolfo. *Consideraciones Generales sobre Concreto Reforzado.* p 28.

sección y refuerzo según los esfuerzos que debe resistir, generalmente repartiendo el esfuerzo longitudinal simétricamente en la cara de la sección, para no causar excentricidades en el elemento”.<sup>39</sup>

De acuerdo con las condiciones de servicio y la geometría de diseño, las columnas se refuerzan con diferentes tipos de elementos, Vásquez en su trabajo indica que se pueden alcanzar considerables incrementos en la resistencia del elemento proporcionando restricción lateral a las barras longitudinales. Esta autora define los tipos de refuerzo transversal de las columnas, de la manera siguiente.

#### **2.4.3.1. Columnas con estribos**

Son comúnmente cuadradas o rectangulares. Son las más usadas debido a la simplicidad de su cimbra, pero también pueden construirse en forma de secciones octagonales, circulares, en L, entre otras.<sup>40</sup>

#### **2.4.4. El zuncho**

Es más efectivo que los estribos para incrementar la resistencia de confinamiento en el núcleo a la carga axial. Su uso incrementa apreciablemente los costos. Por ello solo se usan en columnas fuertemente cargadas y en zonas sísmicas, debido a la gran resistencia que tiene frente a las cargas dinámicas. El zuncho incrementa en forma muy efectiva la ductilidad y la tenacidad de las

---

<sup>39</sup> LARREA PALACIOS, Pablo. Detalle refuerzo acero. Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado. p. 9.

<sup>40</sup> VÁSQUEZ HERNÁNDEZ, Lidia. *Diseño de moldajes utilizando tableros: aplicación con tableros de Louisiana Pacific y otros.* p.10.

columnas, pero resultan varias veces más caras que las columnas que tienen estribos.<sup>41</sup>

Figura 3. Armado y fundición de columnas



Fuente: construcción de edificio ubicado en zona 15, ciudad de Guatemala, 2019.

## 2.5. Materiales

La armadura es parte fundamental del concreto armado. Entender las características y el comportamiento de los materiales que las conforman es necesario para comprender su comportamiento. Cada material se comporta de manera diferente ante los cambios de temperaturas, en el caso de estructuras de concreto.

---

<sup>41</sup> VÁSQUEZ HERNÁNDEZ, Lidia. *Diseño de moldajes utilizando tableros: aplicación con tableros de Louisiana Pacific y otros.* p.11.

“Para el caso de un incendio, el recubrimiento del concreto tiene como objetivo proteger las armaduras contra los efectos de las altas temperaturas generadas por el fuego, durante el mayor tiempo posible”.<sup>42</sup>

### **2.5.1. Acero de refuerzo**

El acero es el material con el que se hacen las armaduras utilizadas como refuerzo en las estructuras de concreto armado. Las barras de acero para uso como parte del concreto reforzado en construcciones civiles. Proviene del proceso de laminado en caliente.

“El acero de refuerzo se coloca para quedar ahogado en la masa de concreto, para tomar esfuerzos debidos a carga, cambios volumétricos por fraguado o cambios de temperatura, se fabrican con diversas resistencias a la tensión y límites de fluencia”.<sup>43</sup>

En Guatemala, para regular la fabricación de barras de acero para refuerzo (en cuanto a las características físicas y mecánicas), se utilizan las normas ASTM A615/ A615M y la norma COGUANOR NTG 36011:2005 “Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Especificaciones”.<sup>44</sup>

Los números de varillas de hierro más usados varían del no. 2 al no. 12, que corresponden a los diámetros de ¼” a 1½” (diámetro de la varilla en octavos de pulgadas). La sección estándar de las varillas es circular. De acuerdo con su

---

<sup>42</sup> GARRIDO Hernández, Emilio Aislamiento térmico y recubrimiento de hormigón. Gerdau Aza, Chile. <https://es.scribd.com/document/36622279/Ficha-Coleccionable-34>.

<sup>43</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p.30.

<sup>44</sup> COGUANOR. *Norma Guatemalteca Obligatoria (NGO) 36011:2005. Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. Especificaciones*. p. 21.

geometría transversal, las barras de refuerzo se encuentran en los siguientes tipos.

#### **2.5.1.1. Barra redonda lisa**

“La sección transversal es circular y uniforme en todo su largo y que se caracteriza por sus valores de diámetro y sección”.<sup>45</sup>

#### **2.5.1.2. Barra corrugada**

La sección transversal es circular no uniforme debido a la presencia de nervios perpendiculares o inclinados con respecto a su eje y que se caracteriza mediante sus valores de diámetro y sección nominal: “La corrugación busca mejorar la adherencia de la barra con el concreto, de manera de garantizar una correcta transferencia de tensiones entre un material y el otro”.<sup>46</sup>

Independientemente del tipo de varilla, conviene que el acero en obra tenga aireación y se encuentre bajo cubierta para con evitar ciclos de humedecimiento y secado que generan corrosión, aún antes del uso del refuerzo.

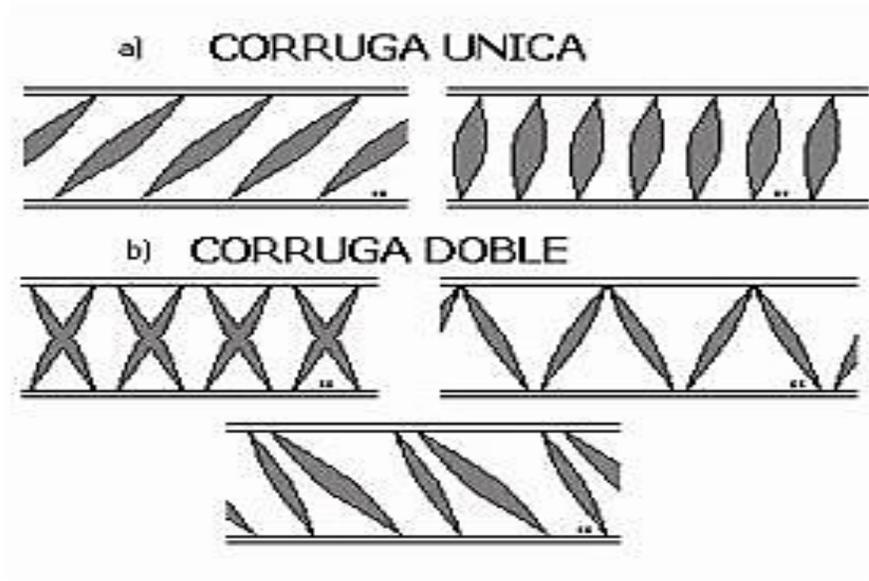
No importando el tipo de varilla que se utilice. Cuando es necesario almacenarlo en obra deberán de tomarse las acciones necesarias como que el acero tenga aireación y se encuentre bajo cubierta.

---

<sup>45</sup> WINZING, Francisco. Compendio de normas para productos de acero. Gerdau Aza. Chile. p.23

<sup>46</sup> *Ibíd.*

Figura 4. Tipos de corrugación en barras de acero



Fuente: COGUANOR NTG 36011:2005

*Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto. p.7*

### 2.5.2. Alambre

En el Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes, se indica que, de acuerdo al tipo de armadura de refuerzo es necesario utilizar alambre ( $\emptyset$  entre 1,6 y 2,1mm) para fijar las barras entre sí, los empalmes traslapados y los estribos a las barras. Su uso depende del diámetro o masa lineal de las barras. La cantidad de fijaciones o amarras no ayuda en nada a la rigidez de las estructuras terminadas, tienen como único fin mantener la armadura en su posición correcta durante la fundición.<sup>47</sup>

<sup>47</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes. p.28.*

Acerca de los diferentes tipos de amarras que se utilizan comúnmente el *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón* indica que: “Dependiendo del tipo de proyecto se pueden utilizar seis tipos básicos de amarras con alambre”.

#### **2.5.2.1. Amarra rápida**

Se pasa el alambre en diagonal alrededor de las dos barras con las dos puntas hacia arriba. Luego se retuercen con el alicate hasta que queden apretadas, se cortan las puntas sobrantes o se doblan hacia adentro. Este tipo de amarra es la más usual en losas y parrillas de fundación.<sup>48</sup>

#### **2.5.2.2. Amarra simple con doble alambre**

Es una versión igual a la amarra rápida, pero, en este caso, el alambre es puesto doble con el objeto de soportar barras más pesadas.<sup>49</sup>

#### **2.5.2.3. Amarra envolvente**

El alambre pasa alrededor de la mitad de una de las barras haciendo una envoltura de media vuelta por cualquier lado para luego llevar ambos extremos sobre la otra barra, sacándolo hacia adelante y abrazando la primera barra donde las puntas son retorcidas y cortados los excedentes.<sup>50</sup>

---

<sup>48</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 106.

<sup>49</sup> *Ibíd.*

<sup>50</sup> *Ibíd.*

#### **2.5.2.4. Amarra para muros**

Es una amarra en la cual se pasa el alambre alrededor de la barra vertical de la malla, dándole una y media vuelta. Se pasa diagonalmente alrededor de la intersección y retorciendo ambos extremos juntos, hasta que la unión quede firme y cortando los extremos excedentes.<sup>51</sup>

#### **2.5.2.5. Amarra retorcida**

Al alambre se le hace dar una vuelta completa alrededor de una de las barras. Se procede, en seguida, tal como para la amarra envolvente y pasando sobre la otra barra, ya sea en forma paralela o en diagonal y retorciendo ambos extremos sobre la primera barra.<sup>52</sup>

#### **2.5.2.6. Amarra cruzada**

Esta amarra, con forma de 8, tiene la ventaja de causar poca o nada de torsión en las barras.<sup>53</sup>

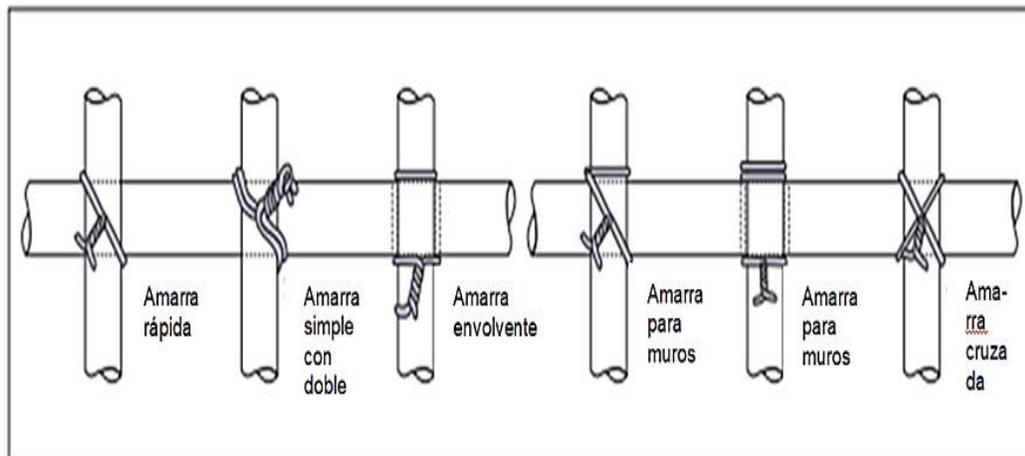
---

<sup>51</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 146.

<sup>52</sup> *Ibíd.*

<sup>53</sup> *Ibíd.*

Figura 5. Tipos de amarras con alambre en armaduras de refuerzo



Fuente: RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 146.

### 2.5.3. Otras opciones

Existen otras opciones de elementos de refuerzo para armaduras de concreto armado.

#### 2.5.3.1. Malla soldada de alambre

Se ha generalizado el uso de las mallas como refuerzo de las losas, muros y algunos elementos prefabricados. Están formadas por alambres lisos unidos por puntos de soldadura en las intersecciones. El alambre que se usa en las mallas también tiene corrugaciones que funcionan al igual que en las barras, para mejor adherencia.<sup>54</sup>

<sup>54</sup> ORAMAS SÁNCHEZ, Candelario. *Construcción de estructuras de concreto reforzado.* <https://es.slideshare.net/oasc89/concreto-5716830>.

### **2.5.3.2. Grapas**

Dan restricción lateral a barras que no sean de esquina. Están formadas por barras rectas con doblez alrededor de las barras verticales que se deseen restringir. La separación vertical entre las grapas debe ser la misma que la de los estribos.<sup>55</sup>

### **2.5.3.3. Refuerzo en espiral**

Es sumamente importante y no debe reemplazarse con igual efectividad por estribos circulares individuales. Dicha espiral otorga al núcleo de concreto un confinamiento adicional.<sup>56</sup>

## **2.6. Soldadura**

Para comprender los procesos de soldadura es necesario analizar los fenómenos que intervienen cuando se produce el contacto de dos superficies metálicas: “Los elementos del acero ordinario: carbono, manganeso y silicio, juegan papeles muy diferentes según se consideren sus reacciones en el metal fundido o en el metal de base”.<sup>57</sup>

Una propiedad importante que debe tenerse en cuenta en refuerzos con detalles soldados es la soldabilidad. Un dato relevante en los tipos de aceros que se usan para los aceros de refuerzo es la cantidad de carbono equivalente que poseen.

---

<sup>55</sup> LAMUS BAÉS, Fabián & ANDRADE PARDO, Sofía. *Concreto armado: La Fuerza de fluencia que pueda desarrollar la barra*. Cp. 101.

<sup>56</sup> SANCHEZ SIERRA, Jhony. *Análisis de la influencia del refuerzo transversal en el confinamiento de columnas de sección circular y rectangular modeladas a escala reducida*. p. 108.

<sup>57</sup> MERJE, Carlos. *Manual de Soldadura: Conceptos generales de soldadura y procesos*. p. 30.

“El acero ASTM A615, por su composición química (carbono equivalente mayor a 0,5 %) no es soldable en esencia. El alto contenido de carbono equivalente lo hace un acero difícil de soldar, con una alta posibilidad que se originen uniones frágiles y de baja resistencia”.<sup>58</sup>

“El acero ASTM A706 (420 kg/cm<sup>2</sup> o grado 60) sí es soldable; empleado como refuerzo para concreto armado, en estructuras sismo resistente y donde se requiera empalmes por soldadura”.<sup>59</sup>

“Las armaduras pueden ser unidas mediante empalme a tope directo, empalme a tope indirecto y empalme soldado a solapo; sin embargo; la práctica ha demostrado que es preferible usar empalme a tope directo, excepto para barras número 6 (19 mm) y menores”.<sup>60</sup>

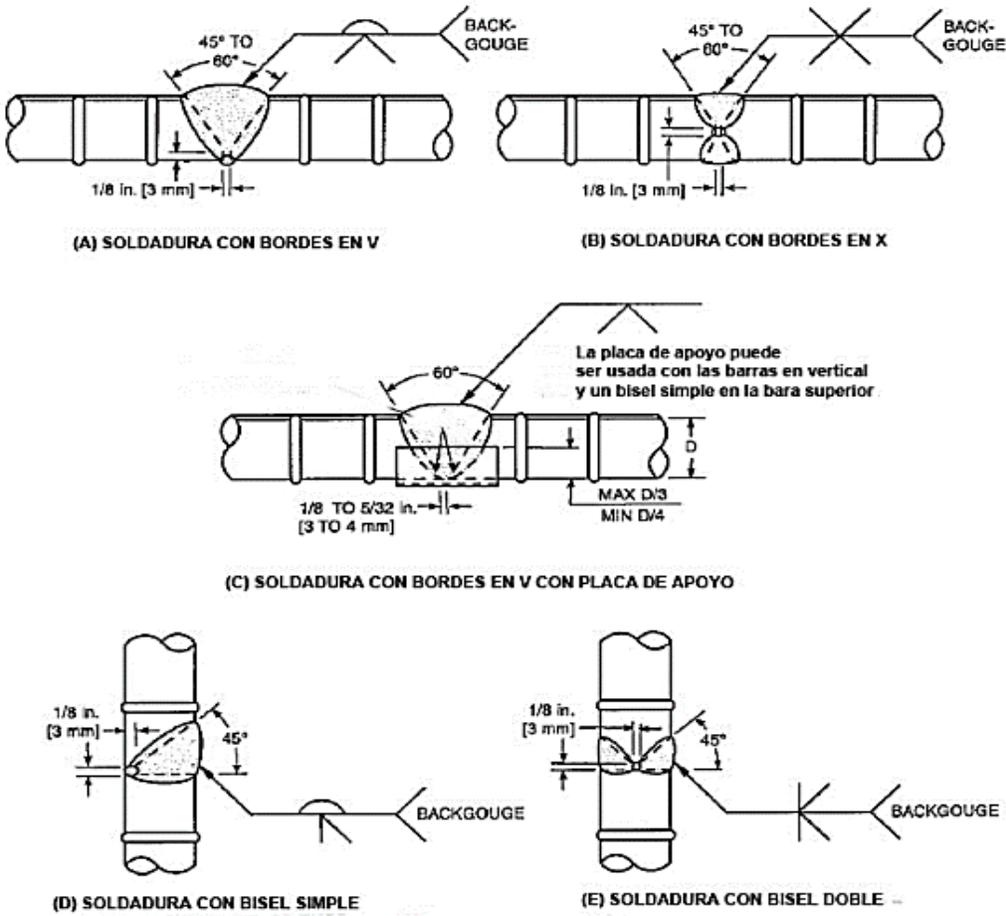
---

<sup>58</sup> MERJE, Carlos. Manual de Soldadura: Conceptos generales de soldadura y procesos. p.32

<sup>59</sup> Ibíd.

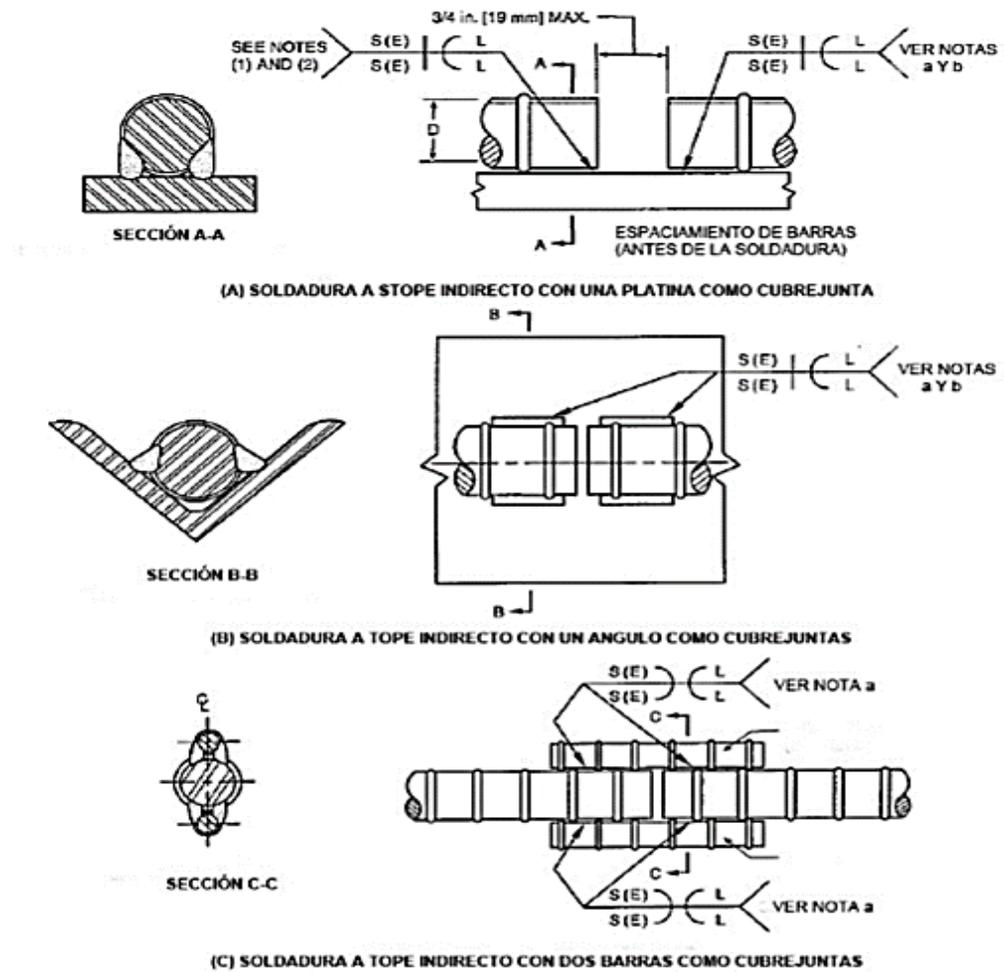
<sup>60</sup> Ibíd.

Figura 6. **Detalle soldadura empalme a tope directo**



Fuente: QUEZADA RIVERA, Ariel Felipe. *Efectos de la soldadura en empalmes de acero de refuerzo, para hormigón armado.* p. 38.

Figura 7. Detalle soldadura empalme a tope indirecto



a  $L=2D$  (min)

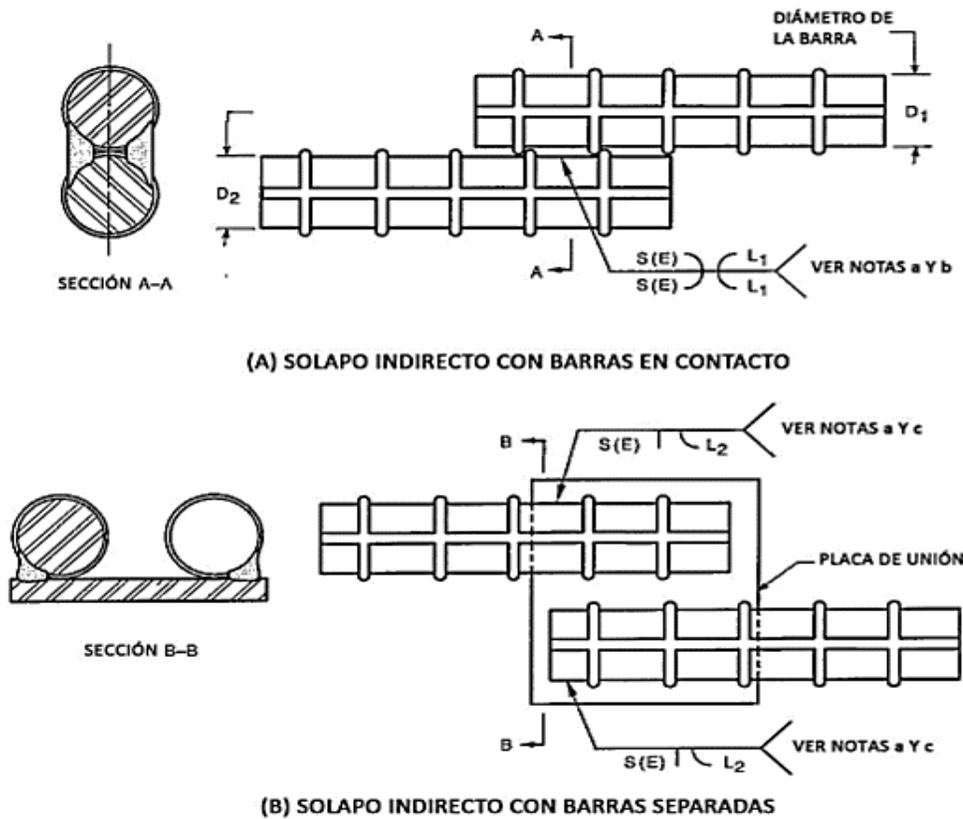
b Se permite la variación de esta soldadura utilizando una soldadura de bisel simple en V, siempre y cuando sea considerada la excentricidad o las restricciones del diseño de la unión.

Notas:

1. Espacio entre las barras y la platina podrían variar dependiendo de la magnitud de las deformaciones
2. Las deformaciones mostradas en las vistas son solo ilustrativos.

Fuente: QUEZADA RIVERA, Ariel Felipe. *Efectos de la soldadura en empalmes de acero de refuerzo, para hormigón armado.* p. 39.

Figura 8. Detalle soldadura empalme soldado a solapo



» Los efectos de la excentricidad deben ser considerados o restringidos según el diseño de la unión.

<sup>a</sup>  $L_1 = 2 D_1$  (mín):  $D_1 \leq D_2$ .

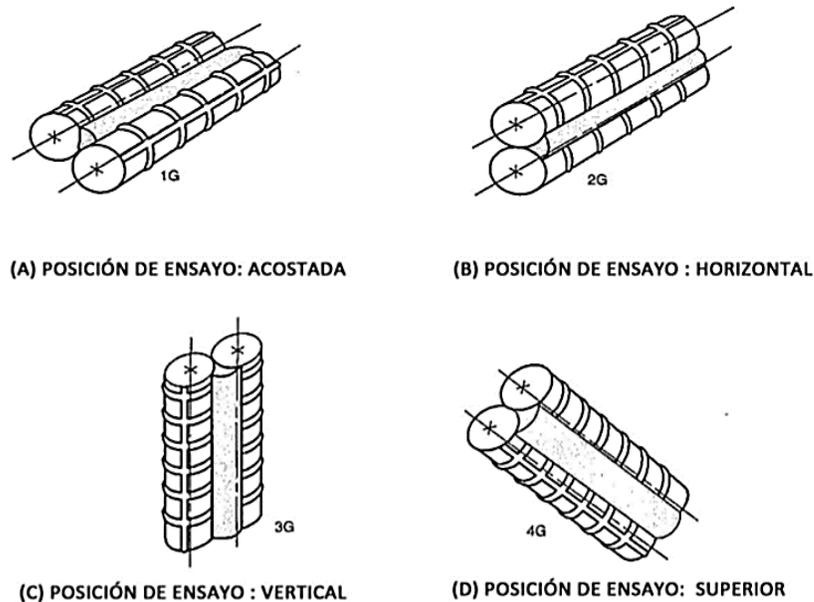
<sup>c</sup>  $L_2 = 2 \times$  diámetro de la barra (mín).

Nota: Los espacios entre las barras y la placa pueen variar dependiendo la magnitud de las deformaciones.

Fuente: QUEZADA RIVERA, Ariel Felipe. *Efectos de la soldadura en empalmes de acero de refuerzo, para hormigón armado*. p. 40.

La calificación de los procedimientos de las uniones soldadas deberá quedar establecida para cada especificación y tipo de armadura a ser soldada. Para las barras con alto contenido de carbono se deberá realizar un proceso de calificación. Los electrodos de bajo contenido de hidrógeno como los más adecuados para la soldadura de las armaduras.

Figura 9. **Posición de la soldadura**



Fuente: QUEZADA RIVERA, Ariel Felipe. *Efectos de la soldadura en empalmes de acero de refuerzo, para hormigón armado*. p. 45.

## 2.7. Métodos de fabricación

“La fabricación de las armaduras es una actividad previa a la colocación del encofrado y el vaciado del concreto, consiste en el despiece de las barras de acero, mediante cortes y doblado, según el requerimiento para el armado de elementos estructurales”.<sup>61</sup>

Los responsables de la planificación, diseño y ejecución de los proyectos de concreto armado deben elegir de la mejor opción de acuerdo con aspectos

<sup>61</sup> CASTRO ATAU, Yober. *Sistematización de detalles, habilitación y armado de aceros ASTM A 615 para construcciones de concreto armado*. p. 66.

económicos, constructivos y técnicos. La alternativa que se escoja influye de manera importante en el tipo de estructura que se adopte.

Para fabricar los armados de refuerzo se debe cumplir con los requisitos establecidos en los planos que contienen el diseño estructural. Quien ejecuta esta labor debe poseer capacidad para interpretar diversos aspectos relacionados con el diseño y construcción de las estructuras de concreto.

## **2.8. Control de calidad**

En la construcción de armaduras de concreto, se debe considerar los factores control de calidad y duración del proceso constructivo, para esto la obra en construcción debe ser supervisada por profesionales o expertos para garantizar el control de calidad de la misma.

"El control de calidad en proyectos de construcción, se define como la verificación técnica de que la obra cuente con las características específicas para evitar fallas futuras y malos métodos y deficientes prácticas constructivas."<sup>62</sup>

En el documento Adecuada habilitación del fierro de construcción, se indica que: "La calidad de las estructuras de concreto armado depende en gran medida de la mano de obra empleada en la construcción". También que "Los trabajos satisfactorios en obra requieren inspecciones constantes a los diferentes trabajos ejecutados, particularmente a aquellos relativos a la estructura asegurándose que todo esté de acuerdo con los planos de diseño y las especificaciones técnicas correspondientes".<sup>63</sup>

---

<sup>62</sup> BERRIOS, VILLAGRA, Nelson. Plan de calidad en la construcción: ¿Cuál es su importancia? <https://portal.ondac.com/601/w3-article-117814.html>

<sup>63</sup> GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro. *Adecuada habilitación del fierro de construcción*. Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.10.

Cada tipo de acero tiene características particulares las que deben de evaluarse durante el proceso de producción y al producto terminado. El control de calidad de la fabricación del acero se realiza en cada etapa, pasando por su composición química, propiedades físicas y mecánicas. Se toman muestras que se someten a pruebas normalizadas de tracción con lo que se verifican las propiedades mecánicas tales como fluencia, resistencia máxima, alargamiento y rotura.

Complementa los ensayos la prueba de doblado en la cual se establece que en la barra no puede aparecer agrietamientos en la zona de tracción al ser sometida a un ensayo normalizado.<sup>64</sup>

Tabla I. **Clasificación del acero por grado según sistemas de medida**

<b>Clasificación según sistema de medidas</b>	
<b>Sistema Internacional, SI</b>	<b>Sistema Inglés</b>
Grado 280	Grado 40
Grado 414	Grado 60
Grado 517	Grado 75

Fuente: elaboración propia, con base COGUANOR NGO 36011:2005.

Todo ensayo realizado a un material de construcción supone un control de calidad sobre el mismo, que se hace imprescindible a la hora de asegurar una construcción fiable y resistente. “Cuando las varillas de acero son de origen o procedencia desconocida, se deberá tomar la precaución de verificar que la

<sup>64</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p.27.

información del certificado de calidad sea coincidente con los datos contenidos en las etiquetas de los atados o paquetes de barras recibidos.<sup>65</sup>

Tabla II. **Calidades de acero de refuerzo**

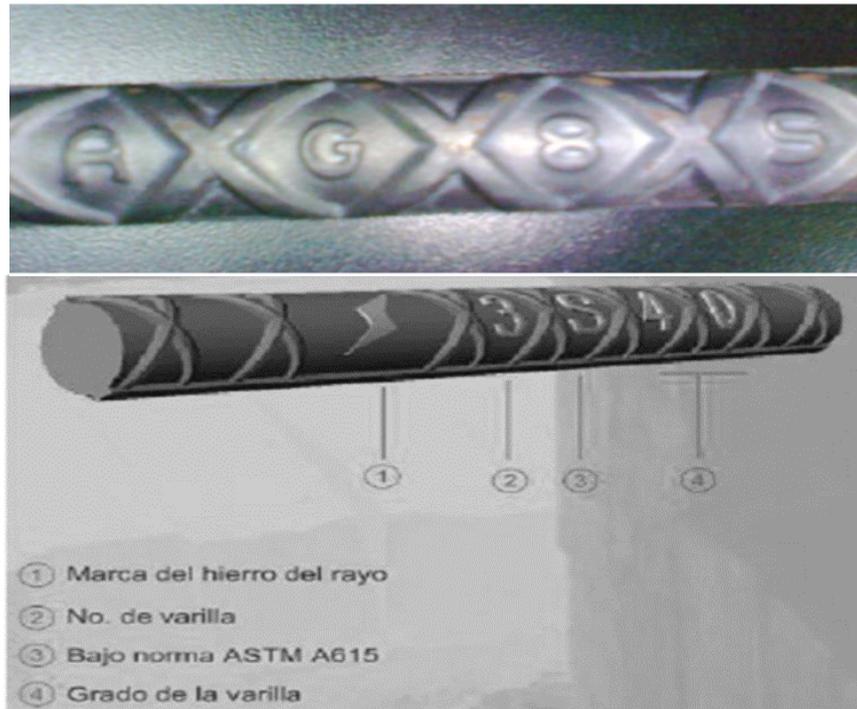
<b>Grado</b>	<b>ASTM</b>	<b><math>f_{y_{min}}</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>f_{y_{max}}</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>f_{u_{min}}</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b><math>f_u/f_{y_{min}}</math></b>
40	A 615	2 800	--	4 200	--
60	A 615	4 200	--	6 300	--
75	A 615	5 300	--	7 000	--
60	A 706	4 200	5 500	5 600	1,25

Fuente: elaboración propia, con base en NISTAL CORDERO, Ángel, RETANA MAQUEDA, María y RUÍZ ABRIO, María. *El hormigón: historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia.* p.8.

La calidad de materiales producidos en planta, tales como aceros estructurales o de refuerzo, es garantizada por el productor quien practica controles sistemáticos de calidad especificados usualmente por las normas ASTM pertinentes. En contraste, la calidad final de las armaduras de concreto producidas en obra se ve afectada por diferentes factores. El control de calidad sistemático debe instituirse en el sitio de construcción.

<sup>65</sup> NISTAL CORDERO, Ángel, RETANA MAQUEDA, María y RUÍZ ABRIO, María. *El hormigón: historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia.* p.8.

Figura 10. **Identificación de barras de acero en Guatemala**



Fuente: GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro. *Adecuada habilitación del fierro de construcción*. Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.11.

Ante la inmensa variedad de tipos de acero resultantes de las múltiples posibilidades de producción de diversos tipos de acero, resultan necesarias las normas de producción que establecen la composición y características de los materiales.

## 2.9. Transporte manejo y almacenamiento

Estas actividades logísticas evitan que se dañen los elementos, evitan la pérdida de recursos económicos y tiempo.

### **2.9.1. Transporte**

Las barras de acero y elementos para armaduras de refuerzo se llevan a la obra mediante camiones cuya plataforma debe ser de longitud suficiente para albergar varillas hasta de 12 m de largo. De manera que se evite que las varillas sobresalgan del camión. De preferencia deben ir amarradas en paquetes o estibas.

### **2.9.2. Manejo**

El recibo de obra debe hacerse siguiendo los protocolos establecidos, de acuerdo a las características de las barras: longitud, diámetro, figuración. No se debe arrastrar las varillas al momento de descargarlas. Se debe preparar con anticipación el lugar donde se almacenarán las varillas antes de su utilización.

### **2.9.3. Almacenamiento**

Las barras de acero en obra se deben almacenar de manera que resulte fácil encontrar la barra deseada (longitudes y diámetros), que facilite la clasificación y garantice el cuidado antes de su utilización.

Las barras deben almacenarse clasificadas por longitudes y diámetros, de manera que facilite su localización, identificación y retiro de cualquier varilla. Las barras de acero o hierro en contacto con la humedad se oxidan. Se debe tomar en cuenta el tiempo que estarán almacenadas en la obra, de acuerdo con esto se recomiendan dos formas de almacenamiento.

### **2.9.3.1. A la intemperie**

El acero que será utilizado poco después de llegar a la obra se puede almacenar a la intemperie. Deberán mantenerse aisladas del terreno evitando la humedad y permaneciendo limpias.<sup>66</sup>

### **2.9.3.2. Bajo techo**

Las barras que se guardan en obra por mucho tiempo (tres meses aproximadamente) deben ser almacenadas bajo techo para evitar grandes oxidaciones. Siempre se deberá separar las barras por calidad, diámetros y longitud colocándolas de abajo hacia arriba y empezando por las de mayor diámetro.<sup>67</sup>

Las barras de acero y elementos para armaduras de refuerzo se llevan a la obra mediante camiones cuya plataforma debe ser de longitud suficiente para albergar varillas hasta de 12 m de largo, de manera que se evite que las varillas sobresalgan del camión. De preferencia deben ir amarradas en paquetes o estibas.<sup>68</sup>

---

<sup>66</sup> MARTÍNEZ, Fabriani. Metodología en la construcción. p. 32

<sup>66</sup> HERNÁNDEZ, Rodrigo. *Almacenamiento de Materiales en Obra*. [https://es.scribd.com/document/380412874/en\\_la\\_construcci%C3%B3n](https://es.scribd.com/document/380412874/en_la_construcci%C3%B3n).

<sup>68</sup> *Ibíd.*



### **3. SISTEMAS DE FABRICACIÓN DE ARMADURAS**

Los procedimientos de fabricación de armaduras permiten desarrollar soluciones adaptadas a las necesidades de cada cliente, minimizar errores y optimizar el proceso productivo para fabricar bajo estrictos estándares de calidad.

La agilidad y la capacidad de adaptación son condiciones indispensables para el buen fin de cualquier planteamiento empresarial, pero ninguna de estas premisas podría desarrollarse sin un equipo humano comprometido y capaz.

La fabricación de estructuras de acero se ha convertido en modelos de construcciones con gran relevancia en los segmentos industriales, comerciales e incluso en la construcción de viviendas.

Los sistemas de fabricación de armaduras cuentan con la relación resistencia/volumen. La amplia gama de posibles aplicaciones y la posibilidad de disponer de muchas piezas estandarizadas. Su fiabilidad y su capacidad de dar forma a todos los deseos arquitectónicos, entre otras.

#### **3.1. Definiciones**

Se presentan las definiciones de términos específicos relacionados con los sistemas de fabricación de armaduras de acero.

### **3.1.1. Amarre**

“Barra o alambre individual de mayor o menor longitud que abraza y confina la armadura longitudinal. Doblada en cualquier forma poligonal”.<sup>69</sup>

### **3.1.2. Armadura principal**

“Es aquella armadura requerida para la absorción de los esfuerzos externos inducidos en los elementos de hormigón armado”.<sup>70</sup>

### **3.1.3. Armadura secundaria**

“Es toda aquella armadura destinada a confinar en forma adecuada la armadura principal en el hormigón”.<sup>71</sup>

### **3.1.4. Fabricación de armaduras**

“Es la actividad que agrupa la preparación del material, el corte y el doblado de las barras”.<sup>72</sup>

---

<sup>69</sup> ROMEA, Carles. Armadura de acero en hormigón armado. <https://www.e-zigurat.com/blog/es/usamos-el-acero-como-refuerzo-para-el-hormigon/>

<sup>70</sup> *Ibíd.*

<sup>71</sup> *Ibíd.*

<sup>72</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 153.

### **3.1.5. Sección de acero o cuantía**

Representa la suma de áreas de barras de acero de una estructura en un sentido (en una extensión de un metro, la cual es definida por un cálculo estructural).<sup>73</sup>

### **3.2. Procesos de corte y doblado**

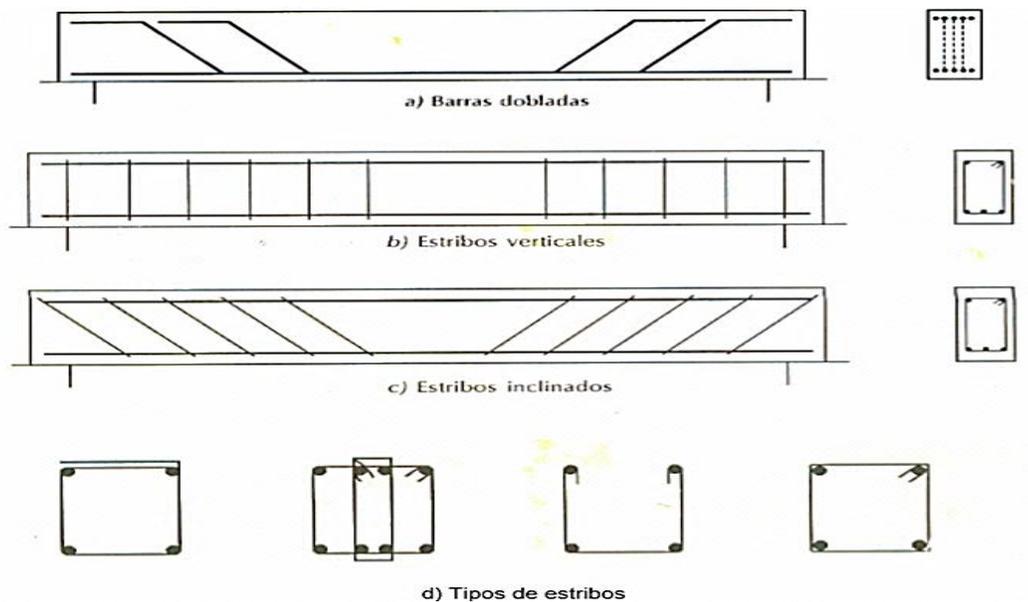
Para elaborar las armaduras de refuerzo de concreto armado son necesarios diferentes elementos de acero. De acuerdo con el Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes, se señala que: “El proceso de corte y doble (figurado), consiste en fabricar un producto de acuerdo con las especificaciones, al despiece o plano estructural de cada proyecto. Actualmente el servicio de corte y doblado garantiza la trazabilidad de todo el proceso, con lo anterior se satisfacen los requisitos y las prácticas de calidad de las obras”.<sup>74</sup>

---

<sup>73</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 153.

<sup>74</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes.* p. 76.

Figura 11. Tipos de refuerzo transversal



Fuente: RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 154.

### 3.2.1. Corte

Los cortes de las barras deben efectuarse en frío, siempre, con la cortadora en ángulo recto respecto al eje longitudinal de las barras. De acuerdo con los largos indicados en los planos.<sup>75</sup>

“Los patrones o esquemas de corte, son las combinaciones geométricas factibles de objetos unidimensionales o piezas demandadas que se obtienen a partir de longitudes comerciales, de forma que la suma de las longitudes de las barras producidas obedeciendo un esquema, no sobrepase la longitud total de la longitud comercial de la barra”.<sup>76</sup>

<sup>75</sup> OCHOA REIBAN, Gustavo. *Optimización de corte de varillas de acero de construcción.* p.56.

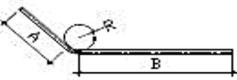
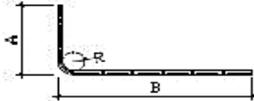
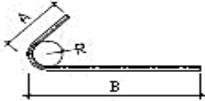
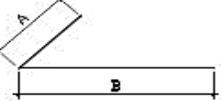
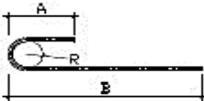
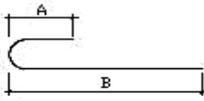
<sup>76</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes.* p. 76.

### 3.2.2. Doblado

“El doblado busca dar la forma definitiva a los refuerzos, estos deben doblarse en frío, el refuerzo parcialmente embebido dentro del concreto no deberá doblarse, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o lo autorice el diseñador, no se permite el redoblado del refuerzo”.<sup>77</sup>

Se debe evitar crear tensiones excesivas en el refuerzo. Las barras no deben estar demasiado dobladas, para ello se establecen los diámetros mínimos de doblado que están en función del diámetro de la barra.

Figura 12. **Detalle método de medición y esquematización de piezas dobladas**

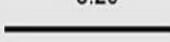
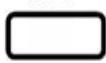
Tipo	Doblado	Método de medición de barras dobladas	Representación y dimensionamiento en planos
I	45°		
II	90°		
III	135°		
IV	180°		

Fuente: elaboración propia, con base en Castro Atau, Yober. *Sistematización de detalles, habilitación y armado de aceros ASTM A 615 para construcciones de concreto armado.* p.143.

<sup>77</sup> CASTRO ATAU, Yober. *Sistematización de detalles, habilitación y armado de aceros ASTM A 615 para construcciones de concreto armado.* p. 169.

En el Manual del acero Gerda Diaco para construcciones sismo resistentes se indica que, para definir y fabricar los elementos de refuerzo de armaduras en planta, se debe de contar con los planos de diseño, los detalles típicos y las especificaciones utilizados en el proyecto.<sup>78</sup>

Tabla III. **Ejemplo de hoja de pedido del acero de acuerdo con el respectivo despiece**

Elemento	Cantidad Elementos	CANTIDAD						Longitud (m)	Figuración	Peso (kg)
		Diámetro de la barra								
		3	4	5	6	7	8			
VG 200	4		6					6.00	.20 	
				2				4.00	.25 	
				4				3.20	3.20 	
		32						1.03	.22 	

Fuente: MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerda Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 76.

A partir de los planos estructurales, se procede a la elaboración de las denominadas cartillas de refuerzo, ya sea para contabilizar el peso del acero de refuerzo como base para la negociación, o como fundamento para la realización de los pedidos a la empresa que suministra el refuerzo figurado. Estas incluyen las cantidades de acero de refuerzo, estimadas para los elementos estructurales de concreto del proyecto.

<sup>78</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerda Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 76.

Los planos de detalle presentan la información de las armaduras, incluyen los elementos en planta con sus elevaciones y cortes. Para una mejor visualización e interpretación de las formas y ubicaciones. en las hojas de pedido para armaduras fabricados en planta se deben de identificar los elementos estructurales. La letra inicial del elemento; por ejemplo: letra V para vigas, P para pilares, C para columnas, M para muros y números para otra información.

La hoja de pedido ayuda a determinar las cantidades de cada elemento estructural (zapatas, muros estructurales, columnas, pilares, estribos, eslabones). Los datos son obtenidos de los planos o por parte del cliente que indicará cual será la cantidad que necesita que se le sea suministrada en obra. Cada elemento se elabora mediante las especificaciones que se indican en los planos estructurales proporcionados por el cliente.

### **3.3. Tipos de sistemas de fabricación de armaduras**

Actualmente, en los países más desarrollados, la preparación de las armaduras es, en su mayoría, industrializada. El acero es cortado y doblado por empresas especializadas y luego transportado a la obra, listo para su instalación.

Según la Corporación Aceros de Guatemala, en el país, el método del sistema tradicional sigue siendo el que más se utiliza en las construcciones civiles derivado de que el 20 % de las ventas totales de acero corresponden al sistema industrializado.<sup>79</sup>

“Independiente del método que se utilice y de acuerdo con las condiciones de los materiales, es necesaria la preparación de las barras de acero; esta

---

<sup>79</sup> GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro. *Adecuada habilitación del fierro de construcción*. Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.11.

consiste en el enderezado y la limpieza del material, para corregir pequeñas y eventuales dobladuras en las barras rectas, producidas durante la carga o descarga del material, o por el enderezado o corte”.<sup>80</sup>

La limpieza de las barras consiste en retirarles aceites, grasas, barro, costras, escamas y herrumbre suelta adheridos al acero. Debido a que no permiten una buena adherencia y deben ser retiradas mediante escobillas de acero o raspadores.

El enderezado de barras consiste en corregir dobladuras de las barras rectas, originados durante la carga o descarga, para ello se golpea controladamente con un combo, martillo o el revés de la grifa. Previamente colocada sobre una superficie plana.<sup>81</sup>

### **3.3.1. Sistema tradicional**

Es aquel en el cual todas las armaduras son preparadas en la obra. De acuerdo con Fuentes, se debe cumplir con las especificaciones técnicas de doblado según planos y normas con la calidad de los materiales y con las normas ANSI, COGUANOR entre otras. El método tradicional es consecuencia directa del programa de ejecución. Para que este proceso se pueda realizar es necesario:<sup>82</sup>

---

<sup>80</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 50.

<sup>81</sup> *Ibíd.*

<sup>82</sup> FUENTES CATALAN, Nathanael. *Análisis comparativo de preparación de armaduras de refuerzo para hormigón, aplicado a edificación de altura, sistema industrializado vs sistema tradicional fabricado en obra.* p. 107.

#### **3.3.1.1. Recurso humano**

Personal capacitado y especializado en el corte, doblado y armado de armaduras de refuerzo.

#### **3.3.1.2. Herramientas y maquinaria especiales**

Cortadoras, dobladoras y otras, de acuerdo a las características del proyecto, bancos para doblado, espaciadores o separadores, dobladores y entorchado manual y disponibilidad del material en el lugar destinado para su habilitación.

#### **3.3.1.3. Programación de obra**

Se debe hacer una programación completa y bien definida.

#### **3.3.1.4. Materia prima**

Cantidad necesaria disponible en obra y espacio físico para su resguardo.

#### **3.3.1.5. Plan de protección a la salud y seguridad industrial**

Un plan de gestión de riesgos y equipo de protección personal para los trabajadores para evitar accidentes e incidentes. Desde el momento en que llegan los materiales hasta la instalación en obra.<sup>83</sup>

---

<sup>83</sup> FUENTES CATALAN, Nathanael. *Análisis comparativo de preparación de armaduras de refuerzo para hormigón, aplicado a edificación de altura, sistema industrializado vs. sistema tradicional fabricado en obra.* p. 108.

### **3.3.2. Sistema industrializado**

Utiliza armaduras y elementos elaborados en un lugar distinto al proyecto anticipadamente a su utilización en obra y en un lugar distinto. El refuerzo longitudinal de las armaduras de concreto reforzado puede variar de acuerdo con la variación del momento. El método de este sistema consiste en habilitar las obras civiles de elementos prefabricados como los estribos, bastones, columnas, vigas, zunchos, entre otros. Este tipo de armaduras se divide en armaduras sobre plano que se elaboran de acuerdo con los planos del proyecto y en armaduras por catálogo.

Las armaduras por catálogo son las que se fabrican en forma industrializada con formas, tamaños, disposiciones de barras y diámetros determinados. Existiendo un catálogo con la serie de productos fabricados.

Los equipos, herramientas y maquinarias necesarios para este método industrial son:

- Puente grúa y montacargas.
- Tecnología digital, hardware, software ERP (sistema de información gerencial de operaciones).
- Equipos y maquinaria especializada para la producción (cortadoras y dobladoras), manejo y despacho de materiales y producto terminado.
- Equipo de protección personal para la seguridad industrial.

Este proceso requiere que se realice la cubicación de las armaduras (despiece) y la cuantificación de la duración de las actividades (programa de

producción) de acuerdo con cada proyecto. Cuando los lotes son uniformes se reduce la variabilidad debido a que el proceso se ejecuta de forma repetitiva y con mejores rendimientos.

### **3.3.2.1. Materiales**

El acero para refuerzo empleado con el concreto consiste en barras, alambres y mallas de alambres soldados. Los tipos más comunes de barras de acero para refuerzo están determinados por el diámetro de estas y normas de la ASTM y la COGUANOR.

Para regular la fabricación de barras de acero para refuerzo en Guatemala (en cuanto a las características físicas y mecánicas) se utilizan las normas ASTM A615/ A615M <sup>84</sup> y la norma COGUANOR NTG 36011:2005.

El grado del acero para refuerzo está determinado de acuerdo con el límite de fluencia mínimo que tienen dichas barras. El punto de fluencia específico de 40 000 lb/pulg<sup>2</sup> corresponde al grado 40, 60 000 lb/pulg<sup>2</sup> corresponde al grado 60, en el sistema inglés y su equivalente en el sistema internacional de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 420 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

La longitud de las barras de acero para refuerzo se suministra según norma COGUANOR 36011:2005 en longitudes de 6, 9 y 12 metros. Se permiten tolerancias para las mismas no menores de -25 mm o no mayores de +50 mm, en la longitud en que se suministran las barras. También se estipula que las

---

<sup>84</sup> Norma American Society for Testing and Materials (ASTM). *ASTM A615, Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement*. p.5

barras se clasifican como clase 1 para barras de acero lisas y clase 2 para barras de acero corrugadas.

Al analizar los proyectos se debe diseñar el máximo de elementos repetitivos, debido a que, con esto se pueden lograr disminuir los costos de la armadura, al hacer las unidades de montajes en series.

### **3.3.2.2. Recurso humano**

“Dada la complejidad e importancia de esta actividad, es recomendable que el armado e instalación de las armaduras, o el montaje de elementos prefabricados como mallas de acero, sea realizado exclusivamente por personal capacitado en esta especialidad, dirigidos por el maestro de obra o la supervisión del proyecto”.<sup>85</sup>

Con base en el Manual de armaduras de refuerzo para hormigón GERDAUZA se presenta los cargos de trabajo del personal, responsabilidades y obligaciones:

#### **3.3.2.2.1. El maestro armador (ferrallista)**

Se encarga de la elaboración y colocación del hierro con el que se hacen las estructuras de concreto armado. Sus principales atribuciones son las siguientes.

---

<sup>85</sup> RONDON, Carlos *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 53

- Interpretar la documentación técnica para preparar los trabajos de elaboración de armaduras.
- Medir, cortar y doblar las barras de acero que formarán parte de la armadura de elementos constructivos de concreto armado, de acuerdo con las especificaciones técnicas suministradas.
- Montar armaduras para elementos constructivos de concreto armado, con barras preformadas y siguiendo las especificaciones técnicas que se indiquen.
- Instalar y montar en obra armaduras realizadas en el taller, así como complementarlas o confeccionar otras in situ, de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

#### **3.3.2.2. Ayudantes de maestro armador**

Apoyan las actividades de los maestros de obra en el transporte del material. Son responsables de realizar las actividades siguientes:

- Pasar las herramientas.
- Colaborar con el armado ayudando a sostener los elementos.
- Instalar las amarras de alambre.
- Ayudar a instalar las conexiones mecánicas si existieran.
- Si corresponde, colocar los separadores del encofrado para el concreto.

### **3.3.2.2.3. Jefe de taller (maestro de ferralla)**

Es responsable de las siguientes actividades en los talleres especializados:

- Comprobar y acondicionar los espacios de trabajo, materiales y equipos necesarios en los trabajos de corte y doblado de armaduras con maquinaria semiautomática.
- Cumplir las medidas de seguridad y salud establecidas.
- Determinar la definición geométrica y calidades de los elementos y de las piezas para proceder a su conformado, interpretando las plantillas de despiece.
- Cortar barras y mallas para proceder a su clasificación y doblado.
- Doblar elementos de acero previamente cortados para proceder a su clasificación y armado.
- Realizar el armado de las piezas para proceder a su envío y colocación en obra. Cumpliendo las condiciones de calidad y de seguridad y salud establecidas.

#### 3.3.2.2.4. Ayudantes

Son los responsables de apoyar al jefe de taller en sus actividades en los talleres especializados.<sup>86</sup>

### 3.4. Costos de fabricación de elementos para armaduras

Para poder evaluar los costos generados en cada método se considera costo de mano de obra e insumos necesarios. El presupuesto y tiempo de ejecución de los proyectos, influyen en el método de fabricación de armaduras de refuerzo utilizado. Se pueden aplicar algunos criterios para la comparación de costos de los sistemas tomando en cuenta los factores que afectan directamente los costos de ambos sistemas.<sup>87</sup>

Respecto de los sistemas de fabricación de armaduras. La armadura fabricada en obra se tiene que preparar en el sitio completamente, es decir, arreglar el material, cortar y doblar las barras, armar los elementos e instalarlos, además se tienen que considerar los tiempos muertos de utilización de equipamientos y medios de obra (moldajes, grúas y otros). Para la prefabricada sólo se tiene que armar (si el armado se realiza *in situ*) e instalar: “esto se traduce en disminución de tiempo en armado, si se está utilizando la armadura lista para ser instalada”.<sup>88</sup>

La utilización de la armadura prefabricada en estructuras de concreto armado es una decisión conjunta entre los principales participantes en el

---

<sup>86</sup> RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección.* p. 54

<sup>87</sup> ACEVEDO DIAZ, Catherine. *Evaluación técnico económica del uso de armaduras prefabricadas en Chile.* p. 9.

<sup>88</sup> *Ibíd.*

proyecto. Para realizar el análisis se debe considerar varias variables que afectan desde el punto de vista económico, estructural y constructivo.

Tabla IV. **Factores que afectan los costos en cada sistema**

<b>Fabricado en obra</b>	<b>Fabricado en planta</b>
Incremento de trabajadores.	Transporte y equipo para su instalación.
Incremento del tiempo de fabricación.	Tiempo de fabricación.
Mayor coordinación y supervisión del personal.	Tipo de maquinaria utilizado y capacidad instalada de producción de la empresa.
El espacio necesario para la elaboración de armaduras y acopio de barras comerciales.	Sistemas de calidad.
La calidad del acero y porcentajes de diámetros de las barras componentes de las armaduras requeridas.	Calidad del acero y otros materiales.
Los rendimientos de mano de obra consideran la limpieza del acero, enderezado en caso necesario, habilitación y la colocación in situ.	Complejidad de los armados.
Tiempo que se incrementa para corregir barras rectas imperfectas debido al transporte y descarga del material.	Los rendimientos de mano de obra directa (corte y doblado).
Tiempo total invertido en limpieza de las barras previo a su manipulación.	Personal capacitado.

Fuente: elaboración propia, con base en Acevedo Díaz, Catherine. *Evaluación técnico económica del uso de armaduras prefabricadas en Chile*. p.16.

### 3.5. **Diferencias entre los métodos de los sistemas**

Entre los métodos tradicional (fabricado en obra) y el industrializado (fabricado en planta) existen diferencias derivadas de las características de cada uno de acuerdo con lo establecido en el Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón. Las principales diferencias entre los sistemas constructivos de armaduras de refuerzo se presentan en la tabla V que aparece a continuación.

Tabla V. **Diferencias entre el método fabricado en obra y el fabricado en planta**

Factor evaluado	Tipo de sistema	
	Fabricado en obra (tradicional)	Fabricado en planta (industrializado)
<b>Proceso constructivo</b>	Tiene una secuencia tradicional, es decir, el ciclo constructivo que se realiza está limitado por la construcción de la losa y después los muros. Esto se efectúa piso a piso.	Tiene una secuencia constructiva más eficiente. Permite simultaneidad de tareas. Esto depende de la logística y del tipo de obra.
<b>Forma de trabajo</b>	La fabricación, armado e instalación se realiza de manera artesanal, porque la efectúan los armadores, cortando, doblando y armando barra a barra, siendo una labor que toma bastante tiempo. Además, se realiza en el mismo lugar de la instalación y puede estar sujeta a errores en el proceso.	El corte y doblado se realiza con máquinas industrializadas que son sumamente precisas, dejando la armadura lista para la instalación o el armado en la obra. Con este método la mano de obra disminuye, no es necesario contratar personal calificado.
<b>Uso de grúa</b>	Al utilizar la armadura in situ, las barras se llevan, una por una, en la grúa, es representa demora si se tiene varias barras y una sola grúa.	En este caso, la grúa lleva los canastillos listos para la instalación, ahorrando tiempo en el uso de la grúa.
<b>Detalles constructivos y estructurales</b>	Están determinados por el ACI 318 y manuales de cálculos.	En algunos casos existen detalles que no están del todo establecidos, los cuales se deben considerar de manera particular.
<b>Tiempos y rendimientos</b>	Las armaduras se preparan en obra completamente; arreglar, cortar y doblar las barras, armar los elementos e instalarlos, además se tiene que considerar los tiempos muertos de utilización de equipamientos y medios de obra.	Sólo se tiene que armar (si el armado se realiza in situ), e instalar, esto representa un 50 % de ahorro de tiempo en armado. Se reduce el desperdicio y no requiere de almacenaje.

Fuente: elaboración propia, con base en Acevedo Díaz, Catherine. *Evaluación técnico económica del uso de armaduras prefabricadas en Chile*. p. 10-13.

La armadura prefabricada representa un método alternativo a la armadura fabricada en obra, debido a que se produce en una fábrica por métodos de producción industrial. Lista para ser transportada a la obra y ser ensamblada, no siendo necesario trabajarla en terreno.

Los elementos más comunes son las vigas, muros, columnas y losas. De acuerdo con las condiciones de los materiales, antes de iniciar el corte y doblado de barras es necesario su limpieza y enderezado.

Este método consiste en habilitar a las obras civiles de elementos prefabricados como los estribos, bastones, columnas, vigas, entre otros.

Para que este proceso pueda realizarse es necesario que se haga la cubicación de las armaduras y la cuantificación de la duración de las actividades de acuerdo con cada proyecto. Cuando los lotes son uniformes se reduce la variabilidad, este proceso se ejecutará de forma repetitiva y los rendimientos serán mejores.

### **3.6. Ventajas y desventajas de los métodos**

Fuentes señala que las características de cada proyecto definen las ventajas y desventajas de los métodos de fabricación de armaduras. Estos se pueden clasificar en económicas, de calidad, de salud y seguridad en obra.

De acuerdo con las condiciones de cada proyecto las ventajas y desventajas de los métodos de armaduras se pueden clasificar en:

- Financieras
- Calidad del producto
- Salud y seguridad ocupacional en obra

Tabla VI. **Ventajas y desventajas de la fabricación de armaduras en obra**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<p><b>Financieras:</b> Menor costo en la preparación e instalación de las armaduras, este punto es vital para las constructoras para elegir el tradicional.</p>	<p><b>Financieras:</b> Aumento de desperdicio. Aumento del costo de mano de obra. Puede existir probables errores humanos en la gestión de compra o en la fabricación.</p>
<p><b>Calidad del producto:</b> Permite corregir productos no conformes que no se ajustan a planos, especificaciones técnicas o normativa vigente de manera inmediata.</p>	<p><b>Calidad:</b> Necesidad de disponer de grandes espacios libres y eliminar los riesgos de mayores costos directos debido a probables errores humanos en la gestión de compra o en la fabricación.</p>
<p><b>Salud y seguridad ocupacional en obra:</b> Reducción de riesgos por utilización obligatoria del equipo de protección personal.</p>	<p><b>Salud y seguridad ocupacional en obra:</b> Las condiciones climatológicas pueden convertirse en un factor de riesgo para los trabajadores, porque la mayoría de los trabajos se realizan al aire libre.</p>

Fuente: elaboración propia, con base en Fuentes Catalán, Nathanael. *Análisis comparativo de preparación de armaduras de refuerzo para hormigón, aplicado a edificación de altura, sistema industrializado v/s sistema tradicional fabricado en obra.* p. 55-57.

Acevedo señala las principales ventajas y desventajas de la fabricación de armaduras en planta. Estas se presentan en la tabla siguiente.

Tabla VII. **Ventajas y desventajas de la fabricación de armaduras en planta**

Ventajas	Desventajas
<p><b>Financieras:</b> Reducción del costo de la mano de obra. Esta es una de las principales ventajas de la armadura prefabricada desde el punto de vista económico, de tiempo y de calidad.</p>	<p>Transporte. Se debe tener en cuenta las limitaciones de dimensiones por parte del transporte (camiones con tamaños y cargas limitadas).</p>
<p><b>Calidad:</b> Los controles de calidad para la armadura prefabricada son más estrictos con normas que controlan los materiales y la producción de la armadura.</p>	<p>Coordinación y supervisión entre las partes involucradas debe ser estricta para que cuando el producto llega a la obra y las armaduras estén acorde al diseño de los planos.</p>
<p><b>Económicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción del coste total de la estructura.</li> <li>• Reducción de los recursos humanos y supresión de medios materiales.</li> <li>• Reducción del espacio necesario para la elaboración de armaduras y acopio de barras comerciales.</li> <li>• Coste de la no-calidad durante la vida de la estructura.</li> </ul>	<p>Incremento de costos debido a que el elemento no reúne los requisitos específicos.</p> <p>La armadura prefabricada, pasa por dos controles, el de fábrica y el de obra.</p>
<p><b>Salud y seguridad laboral:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El trabajo en planta industrial facilita el control del riesgo y permite la implantación de un sistema de gestión de riesgos laborales.</li> <li>• La disminución del recurso humano en obra reduce el número de accidentes.</li> </ul>	<p>Experiencia. Al utilizar un nuevo sistema constructivo pueden existir problemas de coordinación y mal armado, debido a la inexperiencia del recurso humano. Se debe esperar que este se adecue al nuevo sistema.</p>

Fuente: elaboración propia, con base en Acevedo Díaz, Catherine. *Evaluación técnico económica del uso de armaduras prefabricadas en Chile*. p.18-20.

### 3.7. Control de calidad

Los trabajos realizados requieren inspecciones constantes, principalmente aquellos relativos a la estructura para verificar que todo esté de acuerdo con los planos de diseño y las especificaciones técnicas correspondientes. Uno de los defectos más comunes que se detectan en obra y que deben evitarse es el doblado de las barras.

Figura 13. Control doblado de barras en obra



Fuente: Galería de fotos de Google. Control de doblado barras en obra.  
[https://www.google.com/search?q=control+de+doblado+de+barras+en+obra&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi6qdyn9JznAhWrwFkKHxDFA2sQ\\_AUoAXoECAkQAw&biw=1280&bih=657](https://www.google.com/search?q=control+de+doblado+de+barras+en+obra&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi6qdyn9JznAhWrwFkKHxDFA2sQ_AUoAXoECAkQAw&biw=1280&bih=657).

La principal diferencia de ambos sistemas es la calidad de los productos fabricados. En toda obra es de especial atención, el tema de la calidad del refuerzo habilitado que se colocará en la estructura cuidando que tenga las dimensiones y formas indicadas en los planos.

### **3.7.1. Fabricados en obra**

Se trabaja de acuerdo con los planos y normas aplicables. Se debe cumplir con las especificaciones técnicas de doblado.

Uno de los defectos más comunes que se detectan en obra y que deben evitarse se refiere al doblado de las barras. Esta puede ser doblada sin sufrir daños en sus características mecánicas.

### **3.7.2. Fabricados en planta**

Las empresas que fabrican estos productos cuentan con departamentos técnicos encargados de las cubriciones y la fabricación exacta de las armaduras indicada en los planos.

Este sistema tiene que permitir la trazabilidad de la armadura, pudiendo identificar el material, las máquinas y equipos utilizados, ante cualquier no conformidad. Es necesario contar con un programa que registre todas las actividades, identifique las materias primas, máquinas y equipos empleados, mantenimiento, no conformidades y acciones correctoras con su seguimiento.

Todo elemento fabricado debe cumplir con las especificaciones, planos y normativa vigente. Al tener un mayor control en la secuencia de producción y despacho se minimizan los factores de incertidumbre.

El despacho de material debe ser especificado mediante láminas de despiece y etiquetas que hacen referencia a la ubicación exacta de cada elemento. El acero instalado en obra debe contar con certificados de los ensayos realizados que certifican que cumple con las normas nacionales vigentes.

### **3.8. Descripción de ensayos de laboratorio varillas de acero de refuerzo**

En el Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes se indica que el análisis de la composición química del acero trata de establecer la composición química o relación de elementos que conforman el material de las barras. El acero es el resultado de la aleación del hierro (Fe), con contenidos de carbono (C) que varían entre 0,2 % y 2,1 %, y con distintos porcentajes de otros elementos.<sup>89</sup>

En Guatemala, los porcentajes de cada uno de los elementos para la aleación de barras de acero para refuerzo están regulados por las normas ASTM y COGUANOR. El análisis químico de cada colada de acero debe ser realizado de acuerdo con los métodos de ensayo, práctica y terminología de la norma ASTM A-751.

Las características de resistencia y demás propiedades del acero y de los elementos para aleación dan como resultado diferentes tipos de acero que son usados en la industria y en la construcción.

#### **3.8.1. Ensayo de resistencia a tensión**

Este ensayo se realiza a una muestra de varilla o a una probeta. En esta prueba se somete a la muestra a un esfuerzo de tracción creciente hasta producir la rotura de la varilla. Las probetas para realizar los ensayos mecánicos en mallas deben tomarse de una franja completa a lo ancho de la malla y con la longitud suficiente.

---

<sup>89</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 64.

Para realizar el ensayo de tensión de barras de acero para refuerzo son necesarios maquinaria, equipo y materiales específicos como la cinta métrica graduada, calibradores vernier o digital, balanza, punzón de 2" (aproximadamente 5 cm), martillo, pinzas para elongación de 5 % y 20 % y máquina universal con sistema para ensayo de tensión de barras de acero.<sup>90</sup>

### **3.8.1.1. Método**

La autora presenta los pasos necesarios para realizar el ensayo de tensión de barras de acero para refuerzo, estos se describen a continuación:

- Identificar con número o letra correlativa cada muestra o cualquier nomenclatura de identificación.
- En un formulario con un formato preestablecido registrar la clasificación, identificación y medidas.
- Medir la longitud inicial de cada barra en metros.
- Medir el espacio de las corrugas en mm, sin tomar en cuenta el área marcada con símbolos, letras o números que utiliza como identificación el fabricante.
- Medir con el vernier altura y diámetro. Se toma la altura de corruga más el diámetro simultáneamente, en cm. Si la barra es lisa se obvia este dato.

---

<sup>90</sup> MORALES RAMIREZ, Evelyn. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio relacionados con materiales de construcción*. p. 80.

- Medir con vernier el diámetro inicial en cm. Se toma en cuenta la parte lisa de la barra.
- Medir con vernier el ancho de ribete en mm (en barra lisa se obvia dato).
- Tomar la masa de cada barra en kg.
- Anotar en el formato el tipo de corruga de cada barra, ya sea en “X”, “V”, espiral o lisa.
- Marcar cada barra a lo largo con el punzón de 5 cm (2”), esto para realizar posterior al ensayo, la medición de la separación. Determinar el ensayo del 20 % de elongación de las muestras.
- Colocar la barra en la máquina universal, sujetándola con mordazas, (mordazas planas para barras lisas y barras corrugadas menores de 3/8” de diámetro y mordazas curvas para barras de diámetro mayor a 3/8”).
- Aplicar carga axial a tensión en kilogramo fuerza, observando y anotando la carga cedente, carga máxima y carga de ruptura.
- Retirar la barra ensayada. Unir las dos piezas para tomar las medidas finales. Medir con las pinzas la elongación ocurrida en 5 % y 20 % tomando de referencia las cuatro marcas más cercanas a la falla. Se supone que la falla del acero será entre el espacio que queda a un tercio de la muestra (al centro de la misma) para considerarse una falla equilibrada dentro de

los límites de las normas COGUANOR y ASTM. Medir con vernier el diámetro final en cm, donde ocurrió la falla de la barra”.<sup>91</sup>

Figura 14. **Falla típica ensayo a tensión barras de acero de refuerzo**



Fuente: NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según Norma COGUANOR NGO 36 011-2005.* p. 17.

### **3.8.1.2. Resultado del ensayo**

Como resultado del ensayo de resistencia a tensión se obtiene la siguiente información:

- Clasificación e identificación del proveedor.
- Masa unitaria.
- Área efectiva.

---

<sup>91</sup> MORALES RAMIREZ, Evelyn. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio relacionados con materiales de construcción.* p. 81.

- Diámetro inicial calculado.
- Perímetro.
- Espaciamiento.
- Altura de corruga.
- Ribete.
- Porcentaje de elongación en 5 % y 20 %.
- Esfuerzo cedente.
- Esfuerzo máximo.
- Esfuerzo de ruptura.
- Grado estructural.
- Número de barra.

### **3.8.1.3. Cálculo de parámetros**

Con la información de los resultados del ensayo se puede calcular o establecer los siguientes parámetros:

- Módulo de elasticidad (E): se le identifica como límite de proporcionalidad. Es la relación entre la carga y la deformación que ella produce. Debe observarse que la relación solo es válida dentro del rango elástico del material.

- Coeficiente de Poisson: con el cual se establece la proporción entre el alargamiento longitudinal y el acortamiento transversal a la dirección de la fuerza.
- Límite de proporcionalidad o de fluencia: corresponde al límite hasta el cual la deformación es proporcional a la carga aplicada.
- Límite elástico.
- Carga de rotura o resistencia a la tracción.
- Alargamiento de rotura.
- Estricción: se refiere a la magnitud de la reducción de la sección recta que se causa en la zona de rotura.

#### **3.8.1.4. Curva esfuerzo-deformación**

Como resultado del ensayo se obtiene la curva esfuerzo-deformación <sup>92</sup> en la que se observan cuatro zonas de características muy definidas:

##### **3.8.1.4.1. Zona A**

Comportamiento elástico o de proporcionalidad. Se cumple que, al retirar la carga, desaparece la deformación. La pendiente de la recta corresponde al módulo de elasticidad o de Young y es característico del material.

---

<sup>92</sup> MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 30.

El valor más alto del esfuerzo se denomina límite de fluencia ( $f_y$ ). Aparecen dos zonas: la primera recta y la segunda curva. La transición entre ellas es el límite de proporcionalidad. Usualmente se establece un límite práctico señalando una deformación trazando una recta paralela al tramo recto.

#### **3.8.1.4.2. Zona B**

Punto de fluencia o lugar donde la varilla cede abruptamente sin incremento de carga.

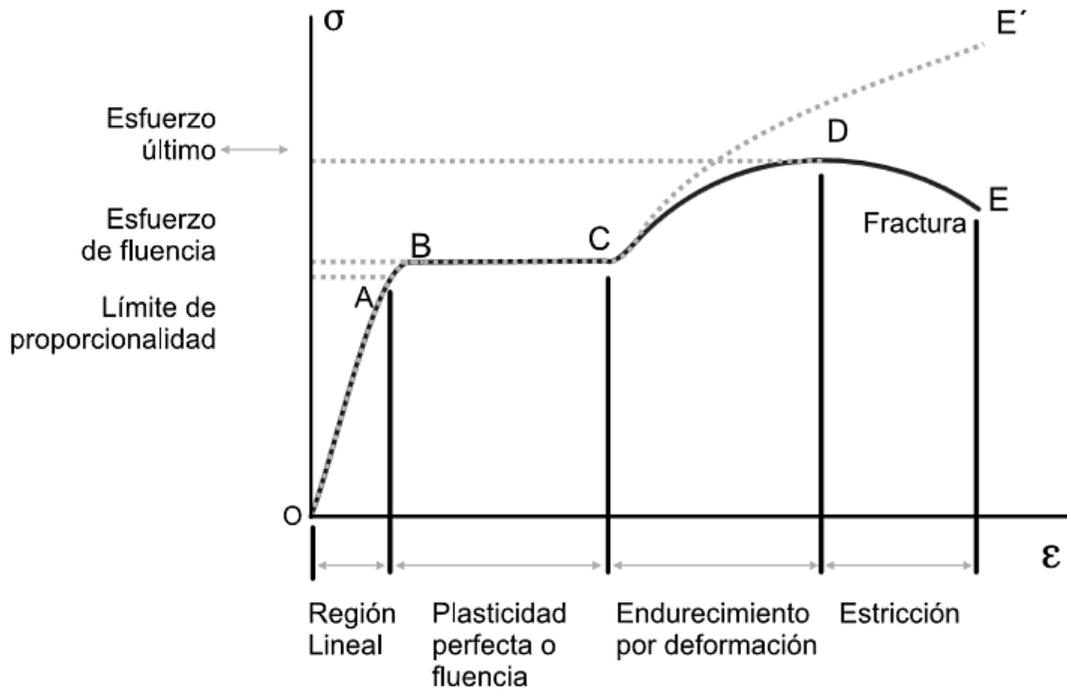
#### **3.8.1.4.3. Zona C**

Deformaciones plásticas. Al retirar la carga se recupera parcialmente la deformación.

#### **3.8.1.4.4. Zona D**

Se presenta una disminución de la sección recta por estricción con acumulación de deformación hasta la rotura de la probeta, por lo cual el esfuerzo muestra un descenso en la gráfica.

Figura 15. Diagrama esfuerzo-deformación de una barra de acero



Fuente: MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sismo resistentes*. p. 30.

Para el cálculo de las barras de acero a tensión se determina el esfuerzo máximo en mega pascales (MPa). El esfuerzo cedente en mega pascales (MPa), la carga máxima en kilogramos (kg), el punto cedente en kilogramos (kg) y el porcentaje (%) de elongación en 20 cm. Los resultados de los ensayos se comparan contra los límites establecidos en las tablas XI y XII. De la norma COGUANOR 36011:2005 y la norma ASTM A615, luego se clasifican.

Figura 16. **Medición de elongación**



Fuente: NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según Norma COGUANOR NGO 36 011-2005.* p.18.

### **3.8.2. Ensayo de doblado de barras**

“La ductilidad es la propiedad mecánica más importante del material, mide el grado de deformación que un material puede soportar sin romperse. Los materiales con excelente ductilidad proporcionan una superior capacidad de deformación, incluso para radios de curvatura pequeños”.<sup>93</sup>

---

<sup>93</sup> NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según Norma COGUANOR NGO 36 011-2005.* p.18.

Figura 17. **Varillas fracturadas durante el corte y doblado en obra**



Fuente: NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según Norma COGUANOR NGO 36 011-2005.* p.19.

Respecto al ensayo de doblado Novelo señala que “La prueba de doblado se hace doblando la barra 180° alrededor de un mandril de acero, cuyo diámetro está en función del diámetro de la barra y al grado del acero; la fuerza deberá aplicarse en forma continua y uniforme. La muestra será de sección completa, recta y no doblada con anterioridad”.<sup>94</sup>

Además, indica que en el ensayo se debe utilizar una muestra de suficiente longitud para asegurar el doblado libre y con un aparato que provea la aplicación de fuerza continua y uniforme a lo largo de la operación. Mediante el doblado de la barra en condiciones predefinidas se trata de determinar el efecto sobre la superficie exterior de la porción doblada, durante el doblado la barra se somete a un momento flector hasta que produce deformaciones plásticas en el acero.

---

<sup>94</sup> NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según Norma COGUANOR NGO 36 011-2005.* p. 19.

### 3.8.2.1. Procedimiento del ensayo de doblado

El ensayo se realiza de forma lenta y constante para permitir el deslizamiento de la barra y controlando que el eje de la barra permanezca perpendicular al eje del doblamiento.

El ensayo evalúa el agrietamiento o rotura de la parte exterior de la zona doblada. Se llama radio de doblado mínimo al radio en el cual una grieta aparece en la superficie más exterior del doblado. Durante el doblado el radio más exterior del material está en tracción. Mientras que el radio más interior está en compresión.

De acuerdo con Novelo: “Los resultados del ensayo de doblado son cualitativos, no se realiza ningún cálculo alguno para su aprobación, las barras son sometidas de acuerdo a la norma según sea su diámetro respectivo. Al final del ensayo las barras no deberán mostrar grieta alguna en la parte exterior de la zona doblada que ha sido sometido a la prueba”.<sup>95</sup>

---

<sup>95</sup> NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según Norma COGUANOR NGO 36 011-2005.* p. 20.



## 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo corresponde a la presentación, análisis e interpretación de los resultados que le dan validez técnica a la investigación. Los cuales se obtuvieron a través de la técnica de observación directa en obra, recopilación de información de fuentes bibliográficas relacionada con los sistemas tradicional e industrializado y recopilación de información de fuentes primarias a través de la técnica de encuesta del método estadístico.

El estudio posee enfoque cualitativo y alcance descriptivo. Se centró en describir los sistemas de fabricación de elementos para armaduras de refuerzo utilizados en obra y en planta. En la construcción de obras civiles, las diferencias, ventajas y desventajas de los sistemas de fabricación de armaduras tradicional e industrializado y los ensayos de doblado de barras, las variables del estudio y los datos obtenidos en los instrumentos aplicados cuestionario y guía de observación directa en visitas a obras de construcción.

La población está compuesta por 20 sujetos y la muestra representativa de la población es de 19 profesionales de la cartera de clientes de una empresa dedicada a la comercialización de elementos para armaduras de refuerzo utilizados en obras civiles en Guatemala. El muestreo es de tipo discrecional no probabilístico. La muestra fue seleccionada a partir del número de población de acuerdo a criterios de inclusión que se consideró aportan al estudio. Se aplicó la fórmula siguiente para el cálculo del tamaño de la muestra

$$\frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left( \frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Fuente: SURVEY MONKEY. *Calculadora del tamaño de la muestra.*  
<https://es.surveymonkey.com/mp/samplesizecalculator/?cmpid=&cvosrc=&keyword=&matchtype=b&network=g&mobile=0&searchntwk=1&creative=270077068726>

Donde:

$N$ = tamaño de la población 20

$z$ = nivel de confianza 85 %

$p$ = probabilidad de éxito

$q$ = probabilidad de fracaso

$e$ = precisión margen de error admisible 5 %

tamaño de la muestra 19

#### 4.1. Presentación de resultados

A continuación, se presentan los resultados de los instrumentos aplicados en la investigación, gráficas y tablas de los datos obtenidos de acuerdo al orden en que aparecen en el cuestionario. También la descripción de los datos obtenidos en la observación a visitas a cuatro obras de construcción y la comparación de costos de construcción de los dos métodos.

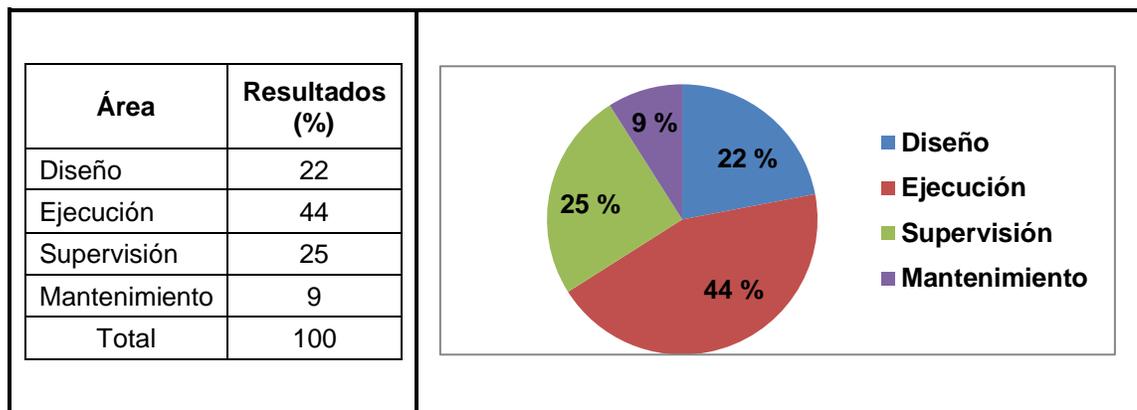
##### 4.1.1. Resultados de la encuesta

Los datos obtenidos en la encuesta en la que participaron 19 profesionales de la Ingeniería Civil, se organizaron, clasificaron y tabularon, posteriormente se graficaron, estos se presentan a continuación.

#### 4.1.1.1. Información personal de los encuestados

La información personal de los encuestados comprende únicamente las áreas de desempeño

Tabla VIII. **Áreas de desempeño de los encuestados**

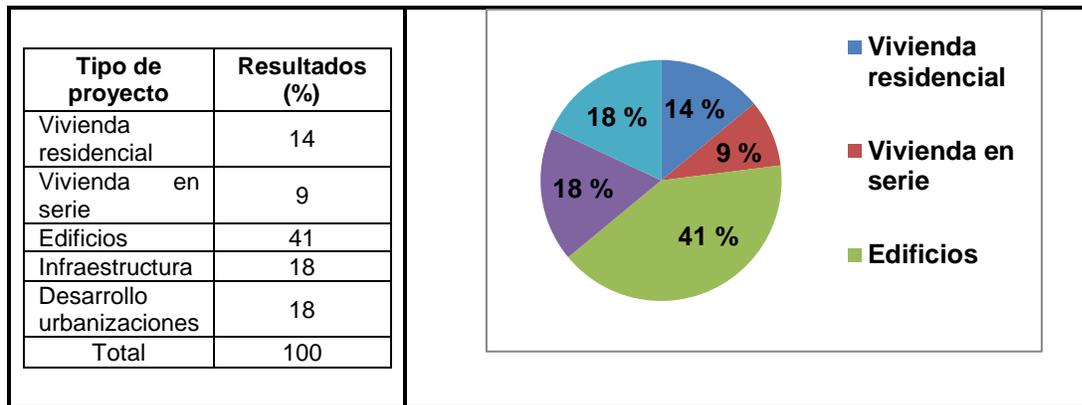


Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

#### 4.1.1.2. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado

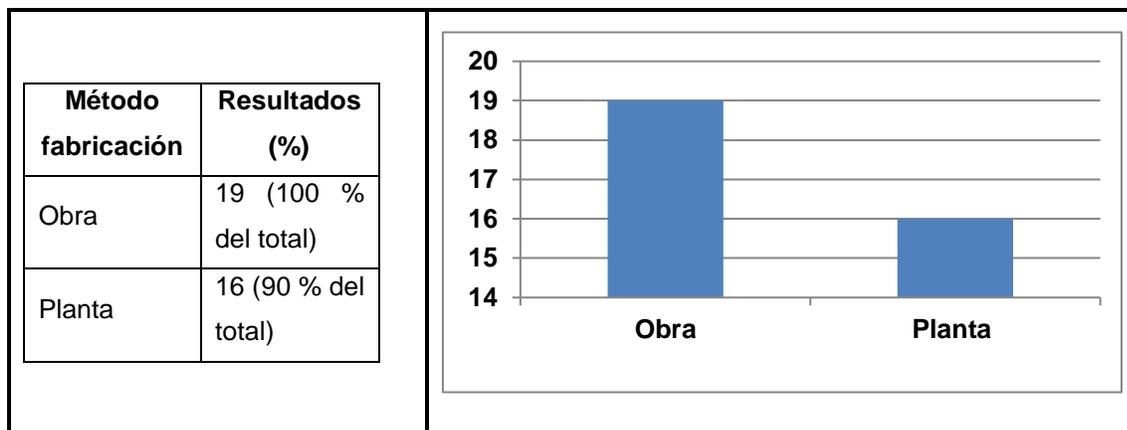
Se refiere a información general acerca de los proyectos en los que ha participado, los métodos de fabricación de armaduras de refuerzo que conoce el encuestado, elementos, presupuesto ejecutado, diferencias de costos, diferencia en la calidad y diferencias entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta y diferencia entre la calidad de los elementos.

Tabla IX. **Tipos de proyectos en los que ha participado**



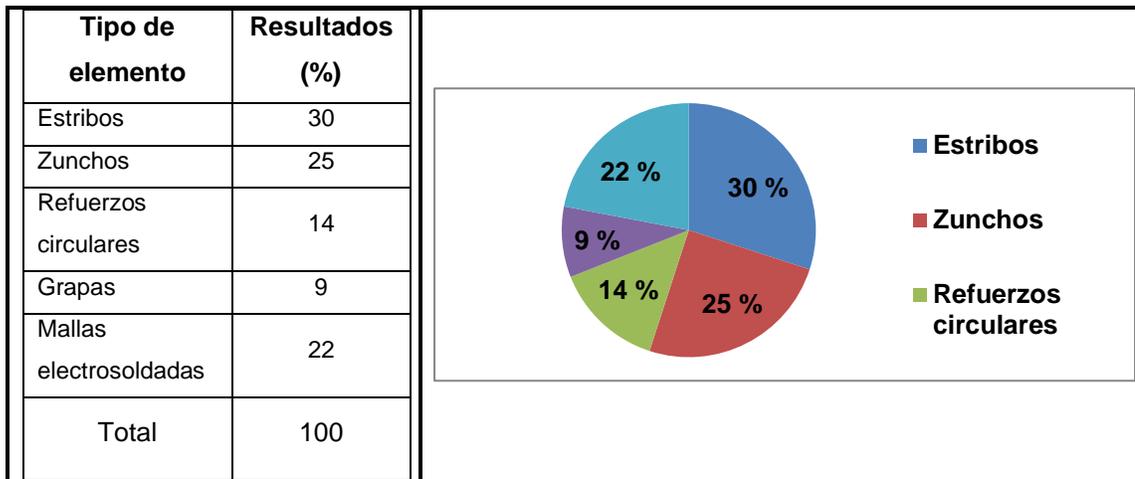
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla X. **Métodos de fabricación de armaduras de refuerzo que conoce**



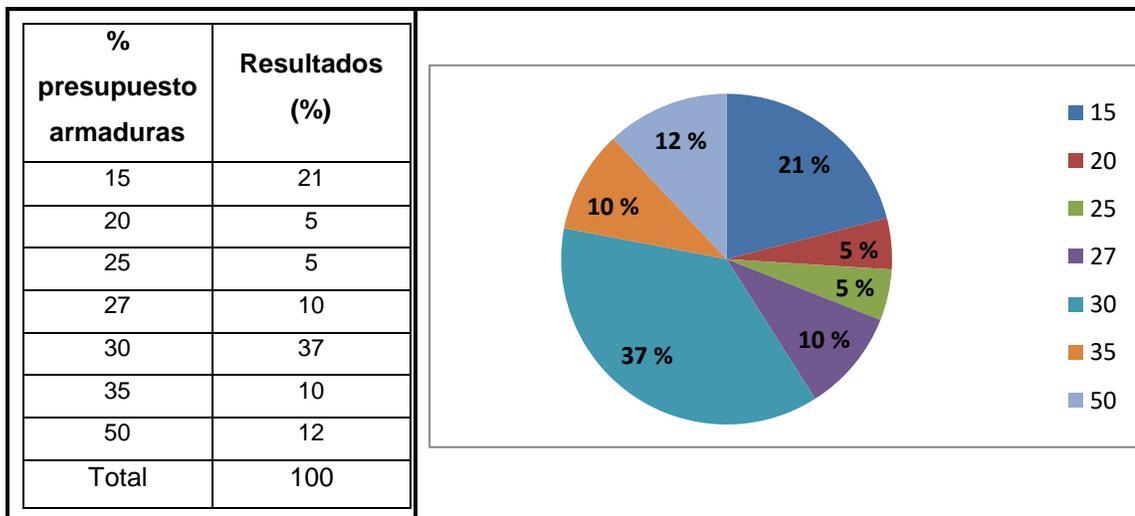
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XI. Tipos de elementos para armaduras que ha utilizado



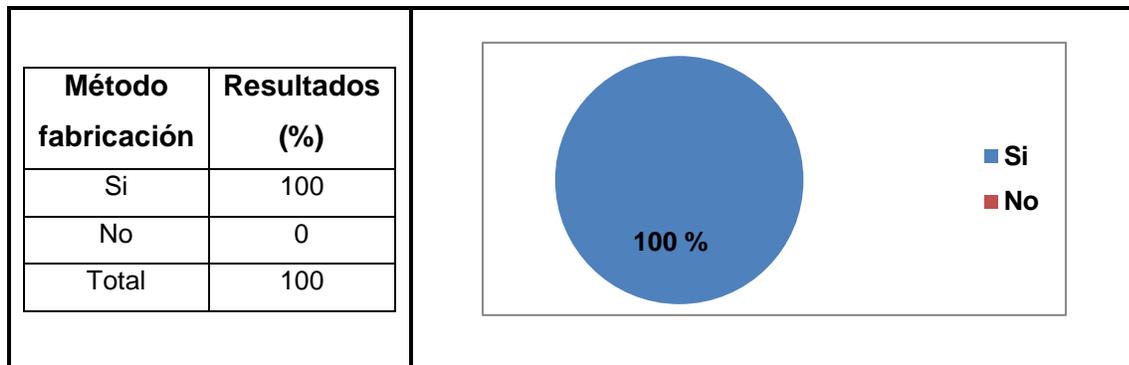
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XII. Porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo



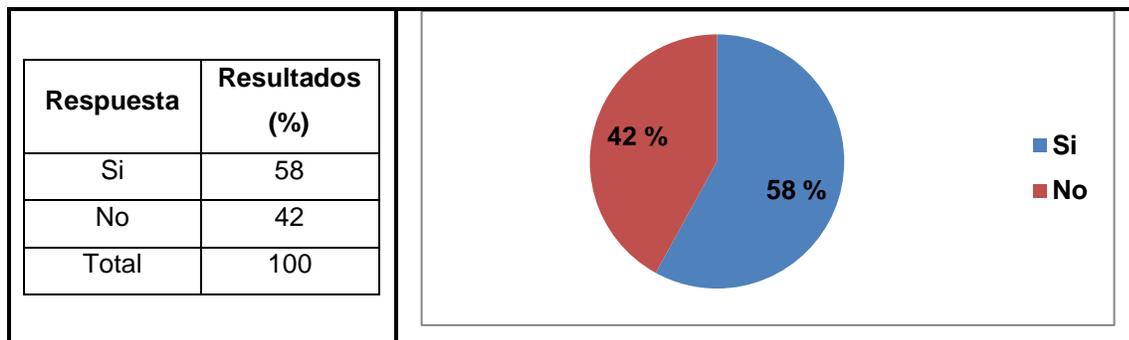
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XIII. **¿Existen diferencias de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs fabricados en planta?**



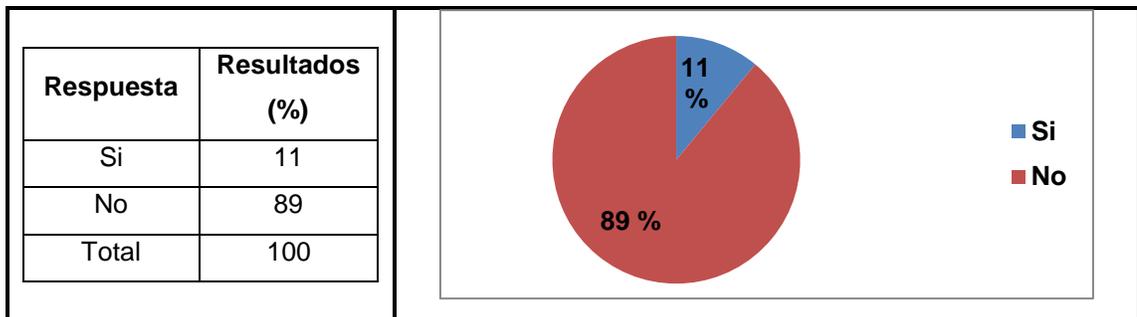
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XIV. **¿La calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs fabricados en planta tienen diferencias?**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XV. **¿Existen diferencias entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs los fabricados en planta?**

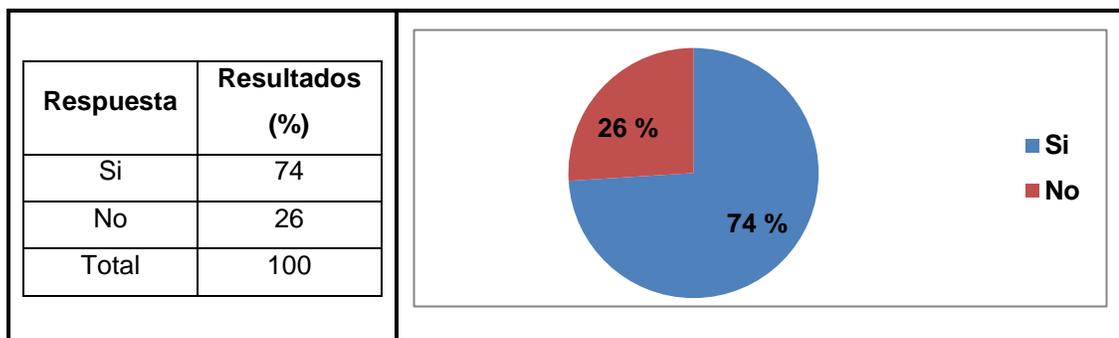


Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

#### 4.1.1.3. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra

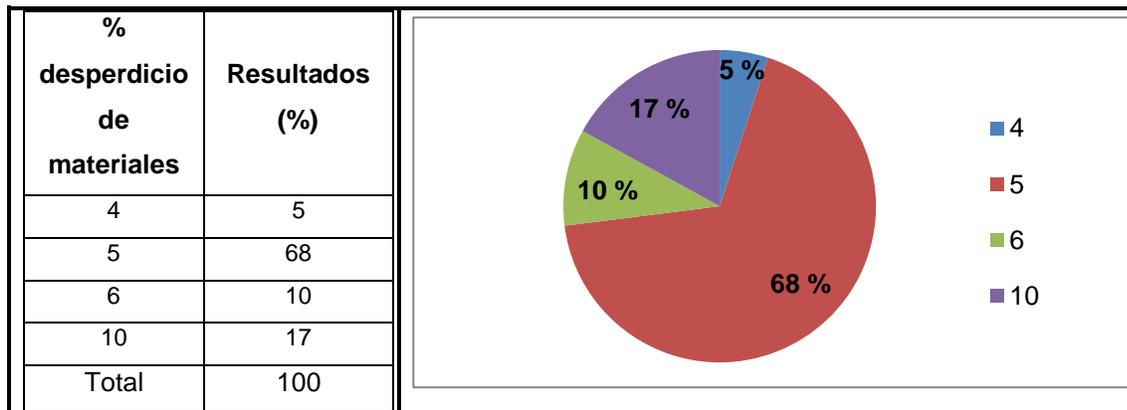
Este apartado contiene preguntas relacionadas con la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, desperdicio y beneficios.

Tabla XVI. **¿Considera crítica la fabricación de las armaduras de refuerzo en obra en la ejecución de los proyectos?**



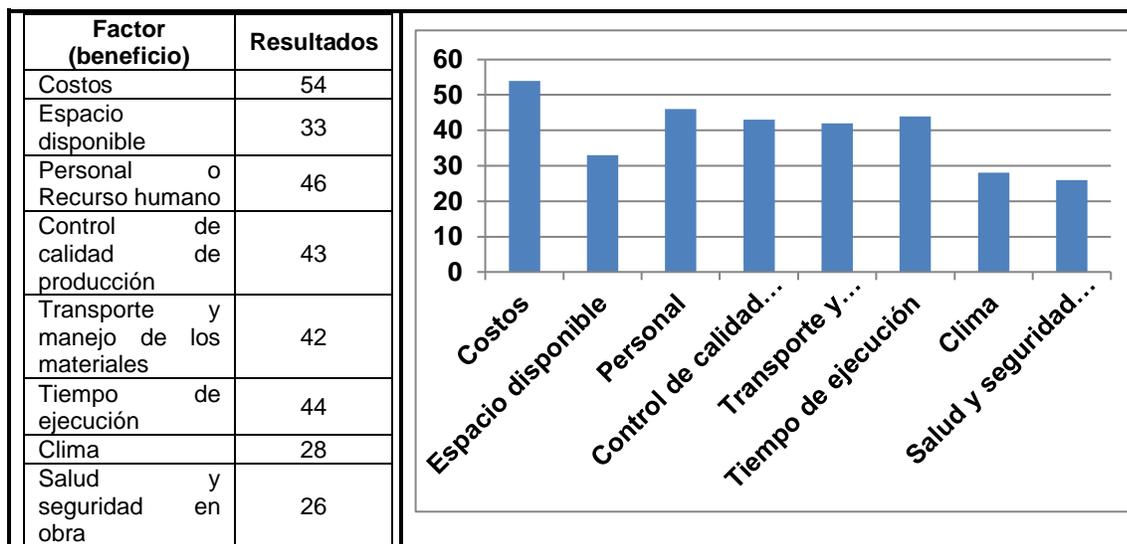
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XVII. **Porcentaje que representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra**



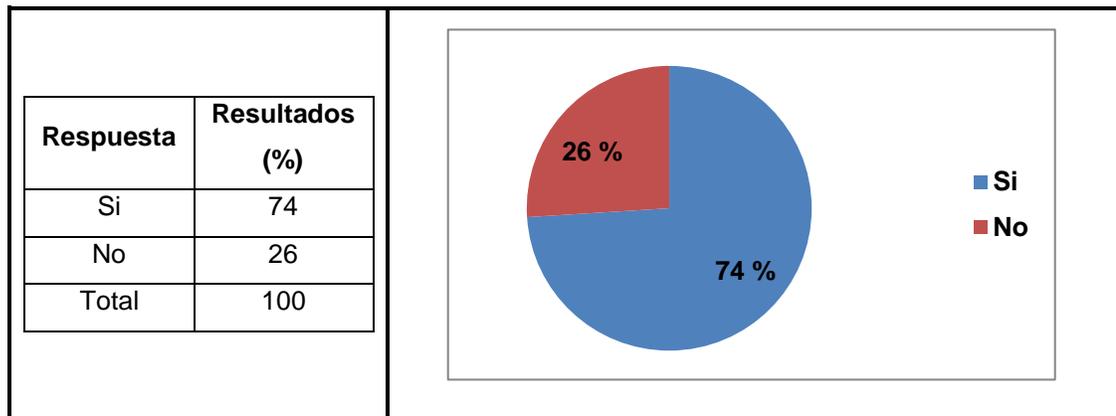
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XVIII. **Beneficios que ha obtenido al fabricar en obra los refuerzos armados**



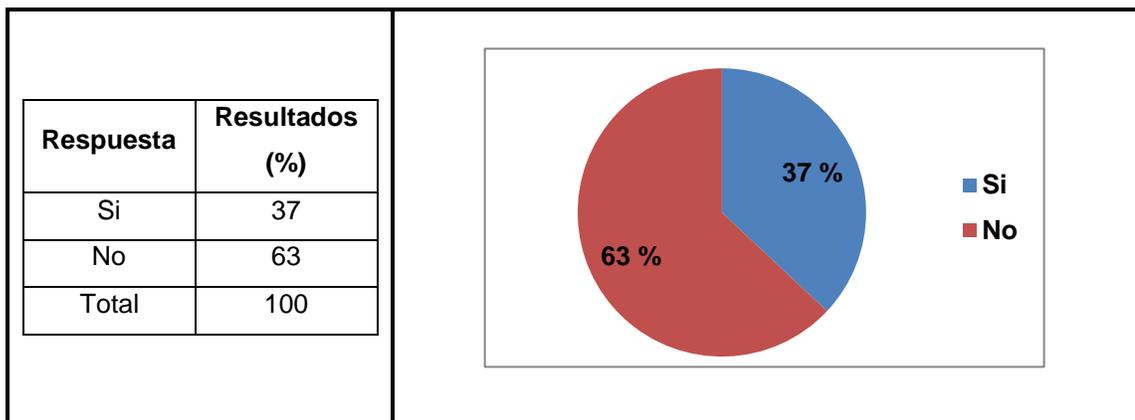
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XIX. **¿La varilla de acero presenta fracturas al fabricar en obra las armaduras de refuerzo?**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XX. **¿Ha tenido experiencia de robo de varillas de acero?**

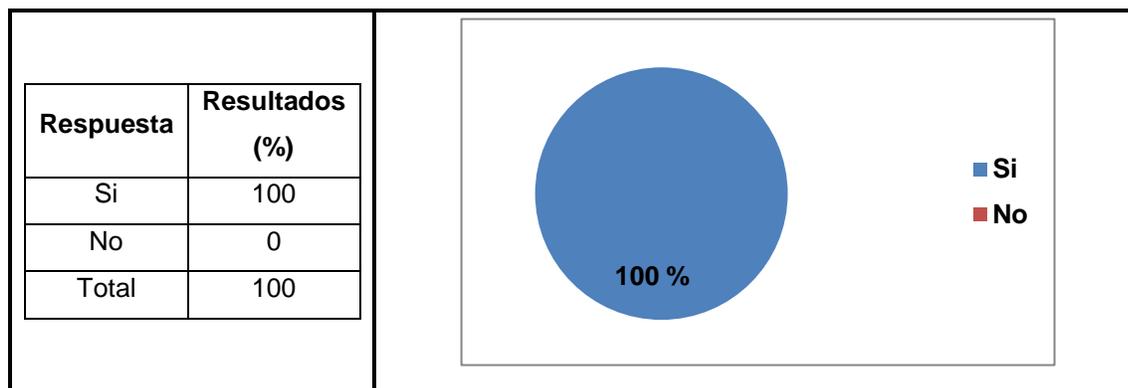


Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

#### 4.1.1.4. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta

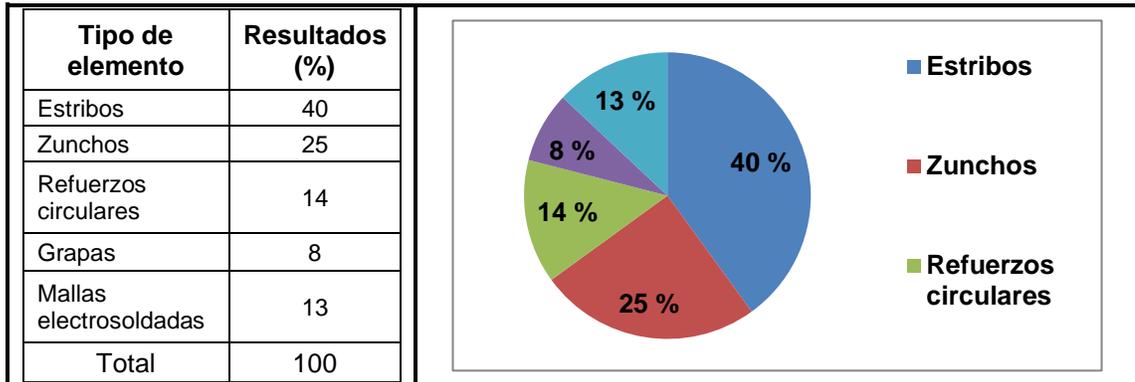
Este apartado se centra en conocer si la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta los encuestados la consideran una opción favorable, que tipos de elementos ha utilizado, beneficios obtenidos y si consideran necesario obtener información acerca de la fabricación de dichos elementos.

Tabla XXI. **La fabricación de planta de armaduras de refuerzo es una opción favorable**



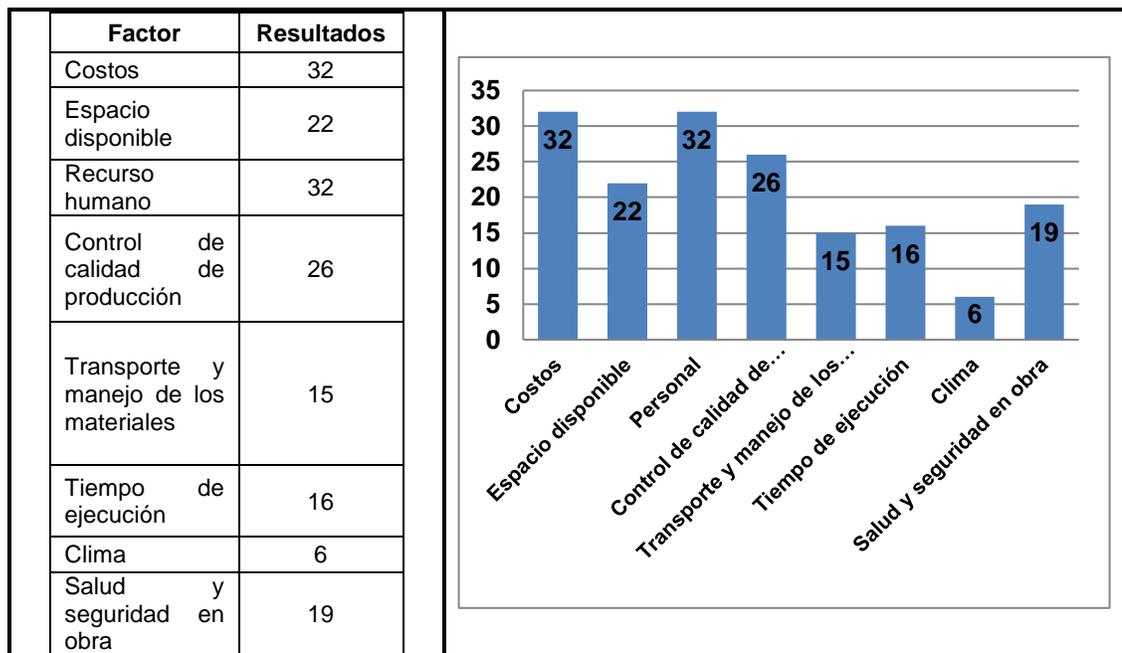
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XXII. **Tipos de elementos para armaduras fabricados en planta que ha utilizado**



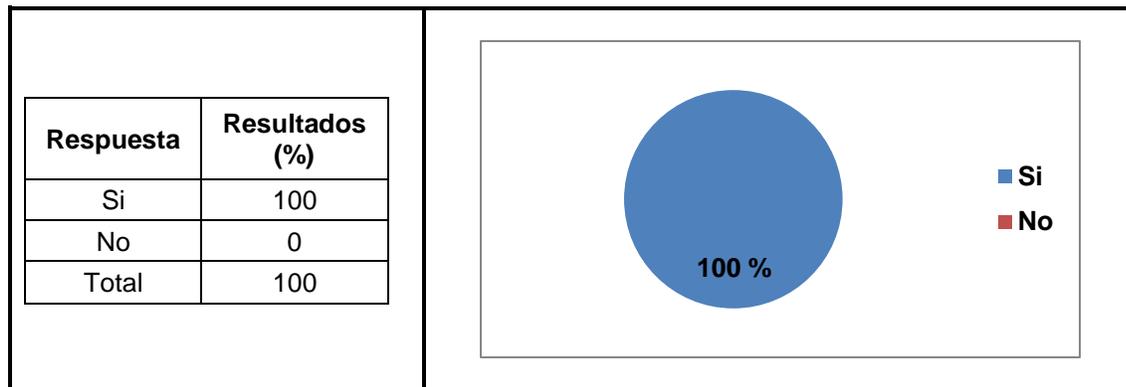
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XXIII. **Beneficios obtenidos al fabricar en planta los refuerzos armados**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

Tabla XXIV. **Necesidad de contar con información acerca de la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**



Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en la encuesta.

#### **4.1.2. Resultados de la observación directa a proyectos de construcción**

Los datos recolectados a través de la guía de observación directa instrumento que se aplicó en las visitas a cuatro proyectos de construcción, se presentan a continuación.

##### **4.1.2.1. Visita al proyecto de construcción de apartamentos ubicado en la zona 14, ciudad Guatemala**

- Se observó el proceso de descarga y almacenaje del material. Se identificó el espacio en la obra y se constató que no poseen una bodega física.
- Se observó desorden en el trabajo que realizaban con el material suministrado. Los trabajadores utilizan equipo de protección personal.

- Las áreas de trabajo son inseguras. Conforme avanza la obra se desplazan de un lugar a otro constantemente para realizar las tareas asignadas.

#### **4.1.2.2. Visita al proyecto de construcción de apartamentos ubicado en zona 10, ciudad Guatemala**

- Se observó el proceso de descarga y almacenaje del material. Se logró establecer que los operarios cuentan con poco espacio en la obra para almacenar material y herramientas.
- Se observó que el personal utiliza equipo de protección personal.
- No cuentan con una bodega física. Trabajan con el material suministrado en el día. Se observó desorden en el desplazamiento de los trabajadores.
- Las áreas de trabajo son inseguras. Se desplazan en esta constantemente de un lugar a otro para realizar las tareas asignadas. Se observó que el material que utilizan son piezas cortadas y dobladas a la medida.

#### **4.1.2.3. Visita al proyecto ubicado en zona 15, ciudad Guatemala**

Se observó que cuentan con espacio de almacenamiento reducido. Únicamente tienen en bodega producto para solventar situaciones de emergencia en obra. Utilizan material cortado y doblado suministrado por una empresa dedicada a la venta de materiales fabricados de hierro corrugado.

#### **4.1.2.4. Visita al proyecto ubicado en zona 9, ciudad Guatemala**

Este proyecto tiene limitantes por estar ubicado en el casco urbano. Cuenta con una bodega pequeña que le permite almacenar herramientas y equipos de seguridad para el personal. Esta obra emplea el sistema de cortado y doblado en planta.

#### **4.1.3. Resultado de la comparación de costos de los sistemas de fabricación de armaduras de refuerzo**

El presupuesto de una obra es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo incluidos en la obra. Frecuentemente, tanto la definición de las partidas presupuestales como de los conceptos de obra son cien por ciento convencional.

A continuación, se presenta, a manera de ejemplo ilustrativo, la comparación de los costos de las actividades de corte, doblado y elaboración de armaduras de refuerzo de los sistemas evaluados, con base en un proyecto con un área a construir de 150 m<sup>2</sup>.

Tabla XXV. **Costos de los sistemas de fabricación de armaduras evaluados**

Tipo de sistema	Costo renglón armaduras de refuerzo (Q/m <sup>2</sup> )	Diferencia de costos (Q/m <sup>2</sup> )
<p><b>Fabricación en obra (FO):</b> se realizó el análisis de precios unitarios, para obtener el costo total del renglón armaduras de refuerzo. El presupuesto se elaboró con referencia a los precios, rendimientos (mano de obra) y desperdicios de uso común en Guatemala.</p>	<p>1 415,72</p>	<p>FO &gt; FP FO – FP = 135,87</p>
<p><b>Fabricación en planta (FP):</b> se contó con el apoyo de asesores técnicos de la empresa CAG. En los resultados se incluyen los costos administrativos, de fabricación y transporte.</p>	<p>1 279,85</p>	<p>El sistema de fabricación en obra es un 10 % más caro que el sistema de fabricación en planta.</p>

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Descripción y análisis de resultados

A continuación, se presentan la descripción y análisis de los resultados obtenidos a través de los instrumentos aplicados.

### 4.2.1. Encuesta

En este apartado se describe y analizan los resultados obtenidos a través del instrumento aplicado a la muestra de estudio.

#### **4.2.1.1. Principales áreas de desempeño**

De acuerdo con los resultados, el área de ejecución ocupa el primer lugar, seguida por las áreas de supervisión y ejecución. El área de mantenimiento fue la opción menos seleccionada.

#### **4.2.1.2. Tipos de proyectos en los que ha participado el encuestado**

De acuerdo con los resultados, la construcción de edificios ocupa el primer lugar, seguido por los proyectos de desarrollo de urbanizaciones e infraestructura. Por último, se ubican los proyectos de construcción de vivienda en serie. De acuerdo con las características de cada proyecto, se pueden utilizar los dos métodos de fabricación de armaduras de refuerzo.

El total de encuestados indican que han utilizado concreto armado como material de construcción en los proyectos en los que han participado; se evidencia que el concreto es el material de construcción más utilizado en Guatemala.

#### **4.2.1.3. Tipos de elementos para armaduras que han utilizado**

De acuerdo con el tipo de armadura y el diseño estructural se pueden utilizar diferentes alternativas. La información permite conocer los elementos de refuerzo que el encuestado ha utilizado.

De acuerdo con los resultados el total de los encuestados (100 %) indica el uso de estribos, el 90 % refiere el uso de zunchos. El uso de mallas

electrosoldadas fue seleccionado por el 63 %, seguido por el uso de refuerzos circulares con el 53 % y el 30 % de los encuestados han utilizado grapas como elementos de refuerzo en armaduras.

#### **4.2.1.4. Métodos de fabricación de armaduras de refuerzo que conocen**

La información permite identificar los métodos de fabricación de armaduras que los encuestados conocen.

El sistema de fabricación en obra incluye actividades como preparar el material, cortar y doblar las barras, armar los elementos e instalarlos. Además, se tienen que considerar los tiempos muertos.

El sistema de fabricación en planta tiene mayores rendimientos, porque solo requiere producir, armar (si el armado se realiza *in situ*) e instalar. Lo que reduce el tiempo en armado, si se está utilizando la armadura lista para ser instalada.

El total de los encuestados (100 %) responde conocer el sistema de fabricación en obra. El 90 % indica conocer el método de fabricación en planta. Los resultados reflejan que los encuestados conocen los métodos de fabricación de armaduras de refuerzo evaluados.

#### **4.2.1.5. Porcentaje del presupuesto utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo**

Este es un dato que varía de acuerdo con la ubicación y tipo del proyecto, además de los criterios que utiliza cada empresa y el calculista.

Los resultados se encuentran en el rango del 15 al 50 % del presupuesto, siendo el 30 % el valor más identificado por los encuestados (32 %), seguidos por el valor del 15 % del presupuesto con el 16 %.

#### **4.2.1.6. Existe diferencia en los costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs los fabricados en planta**

La información refleja la percepción de los encuestados sobre este factor, el que representa una de las principales diferencias entre los métodos evaluados.

El total de los encuestados (100 %) indica que existen diferencias entre los costos de los sistemas de fabricación de armaduras evaluados, la que califican como media. Las que se dan principalmente en lo que se refiere a la mano de obra, tiempo de ejecución, materiales y procesos necesarios. Debido a su importancia es necesario conocer las diferencias de costos entre los métodos de fabricación de armaduras evaluados.

#### **4.2.1.7. Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs los fabricados en planta**

En el sistema de fabricación en obra el armado se realiza de una forma artesanal. El personal corta, dobla y amarra cada armado, siendo una labor que toma bastante tiempo puede estar sujeta a errores en su proceso, por ser realizada por personas.

Cuando se preparan los armados en obra se debe cumplir con las especificaciones técnicas según planos y normas, y con la procedencia del acero según especificaciones del proyecto.

El control de calidad para la armadura prefabricada es más estricto. Se usan normas que especifican los materiales y la producción de la armadura.

De acuerdo con los resultados el 58 % de los encuestados responde que existe diferencia en la calidad de los elementos, la que califican como media. El 42 % indica que no existe diferencia.

#### **4.2.1.8. Existen diferencias entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra vs. los fabricados en planta**

El acero y sus detalles son importantes en el comportamiento estructural de las obras de concreto armado. Un aspecto relevante en el comportamiento

estructural de las armaduras fabricadas en planta. Lo constituyen los criterios utilizados en el diseño y fabricación.

De acuerdo con los resultados, el 11 % de los encuestados considera que sí existen diferencias en el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta. Se indica que los fabricados en planta tienen mejor desempeño y el 89 % considera que no existen diferencias.

Los encargados de los proyectos deben verificar que los elementos de refuerzo que se fabrican cumplan con la forma y dimensiones nominales indicadas en los planos, respetando las desviaciones admisibles establecidas.

**4.2.1.9. La fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, es una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado**

En todo proyecto se tienen que cumplir plazos en tiempos establecidos, por lo cual la programación es muy importante.

De acuerdo con los resultados, el 74 % de los encuestados considera que la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra es una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado. El 26 % no la considera una actividad crítica.

Las actividades de corte, doblado y fabricación de armaduras de concreto se consideran en la ruta crítica de la obra porque dependen del personal, materiales, equipos, condiciones climáticas, entre otras.

#### **4.2.1.10. Porcentaje que representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra**

Es un dato que depende de factores como la experiencia del personal, supervisión del proyecto, condiciones de trabajo, otros.

El sistema de fabricación en obra es un método artesanal que dificulta el control y optimización del despiece del material, lo que genera mayor porcentaje de pérdida. En este sistema las pérdidas de materiales por el corte y doblado ascienden a un 5 % aproximadamente.

Los resultados se encuentran en el rango del 4 al 10 % del total de pérdida de material, siendo el 5 % de pérdidas el dato más identificado por los encuestados con el 68 %, seguido por el 10 % con el 16 % y el 6 % con el 11 % de los encuestados.

#### **4.2.1.11. Beneficios que ha obtenido fabricar en obra los refuerzos armados**

Permite conocer el punto de vista de los encuestados acerca de la importancia de los factores relacionados con la fabricación de armaduras. A continuación, se presenta el análisis correspondiente a cada factor.

##### **4.2.1.11.1. Costos**

El sistema de fabricación de armaduras en obra permite comprar los materiales para avanzar según el programa de obra y evitar la compra anticipada que puede provocar el acopio innecesario. Lo que resulta en un menor costo

directo de corte y doblado del método tradicional, que es un punto vital para las constructoras.

#### **4.2.1.11.2. Personal**

Se necesita personal con habilidad en las actividades de doblado, corte y fabricación de armados. De acuerdo con las características del proyecto puede ser necesario el uso de equipo especial. El sistema de fabricación en obra genera demanda de mano de obra local.

El personal para la fabricación de armaduras en obra incluye: cortadores, dobladores, operadores de equipo especial para el manejo, colocación y supervisor. Se debe conocer el rendimiento del personal en estas actividades debido a que representa un renglón importante en el presupuesto de los proyectos de construcción.

#### **4.2.1.11.3. Tiempo de ejecución**

Una de las ventajas del sistema tradicional es la factibilidad de producción de acuerdo con las necesidades que surgen en el proyecto. Facilita solucionar contingencias en forma inmediata de acuerdo a necesidades puntuales que se generan en la obra.

#### **4.2.1.11.4. Control de calidad de producción**

Representa una diferencia importante entre los métodos de fabricación de armaduras. La fabricación en obra es un método artesanal lo que dificulta el control y optimización de la producción.

#### **4.2.1.11.5. Transporte y manejo de los materiales**

El sistema de fabricación de armaduras en obra requiere disponer de espacio necesario para la instalación de maquinaria y el acopio de materiales, así como para desarrollar las actividades de corte, doblado y fabricación de armaduras.

Fuera de la obra, el acero de refuerzo se debe transportar en camiones adecuados para llevar varillas largas. Sin poner en peligro a otros vehículos que usan las vías.

#### **4.2.1.11.6. Espacio disponible**

Son muchos los proyectos que tienen limitaciones de espacio para las actividades. El uso y optimización de los espacios es fundamental para la fabricación de armaduras en obra.

#### **4.2.1.11.7. Clima**

Es uno de los factores que influyen en la ruta crítica de la fabricación de armaduras en obra, sobre todo si no se cuenta con las condiciones adecuadas,

el sol o la lluvia pueden retrasar los trabajos de armado y doblado en obra. Las condiciones climatológicas pueden convertirse en un factor de riesgo para los trabajadores.

#### **4.2.1.11.8. Salud y seguridad en obra**

Es un factor importante debido a las regulaciones existentes. En su aplicación se deben considerar y minimizar las condiciones inseguras en la obra, la contaminación acústica por cortes de material, disminución de los riesgos en maniobras de izaje y de la probabilidad de ocurrencia de accidentes por el mal uso de equipos de trabajo.

#### **4.2.1.12. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo (corte y doblado) se han presentado fracturas en la varilla de acero**

Para que el concreto armado se trabaje adecuadamente es importante la calidad y el grado del acero de refuerzo. El acero básicamente es una combinación de hierro y carbono. Su composición determina sus características físicas y mecánicas. Porcentajes altos de carbono en la composición del acero (> 2,0 %) producen aceros quebradizos que son difíciles de cortar y doblar.

De acuerdo con los resultados, el 74 % de los encuestados responde que al fabricar en obra las armaduras de refuerzo, algunas varillas se han fracturado al momento de realizar los cortes y dobleces, el 26 % indica que no. Es importante que se utilicen aceros con certificados técnicos que garanticen su calidad, la ductilidad de los aceros facilita las actividades de corte o doblado sin que se fracturen.

#### **4.2.1.13. Experiencia de robo de varillas de acero en los proyectos**

El aspecto de la seguridad es importante en las obras de construcción, lo que genera la necesidad de contar con seguridad para los trabajadores y el material almacenado.

De acuerdo con los resultados, el 37 % de los encuestados responde que ha habido robo de varillas de acero en sus proyectos. El resto 63 % indica que no ha habido robo de varillas en sus proyectos.

#### **4.2.1.14. La fabricación de armaduras en planta se considera como opción favorable**

En los países desarrollados la preparación de la armadura es en mayoría industrializada. El acero es cortado y doblado por empresas especializadas y luego transportado a la obra, listo para su instalación.

El 100 % de los encuestados considera que si es una opción favorable la fabricación de armaduras en planta.

#### **4.2.1.15. Beneficios que ha obtenido fabricar en obra los refuerzos armados**

Permite conocer el punto de vista de los encuestados sobre la importancia de los factores que relacionados con la fabricación de armaduras.

#### **4.2.1.16. Costos**

Las empresas que prestan este servicio cuentan con departamentos técnicos encargados de las cubicaciones y la fabricación exacta de los elementos de acuerdo con los planos cumpliendo con las especificaciones y normativa vigente.

Al utilizar armaduras prefabricadas la empresa constructora puede obtener una serie de ventajas constructivas, que se pueden traducir en una disminución en los costos directos del proyecto. La reducción en el tiempo de instalación permite el término anticipado del proyecto, con un ahorro significativo de los costos asociados a los gastos generales, los que disminuyen al finalizar la obra en un menor tiempo.

#### **4.2.1.17. Recurso humano**

El sistema de fabricación en planta reduce el personal para la fabricación de armaduras en los proyectos. La elaboración y montaje de la armadura prefabricada incluye diferentes trabajos. Para utilizar esta armadura debe existir una determinada asignación de tareas y una estrecha comunicación entre la oficina de cálculo, la constructora y el suministrador de la armadura.

#### **4.2.1.18. Control de calidad de producción**

El sistema de fabricación en planta permite corregir errores o no conformidades en forma inmediata sin necesidad de devolver el material a la planta y esperar a que se corrijan, lo que da mayor fluidez a la hora de controlar la calidad de las armaduras.

El sistema permite el control de origen del acero disminuye las pérdidas en función del control y el equipo indicado para un correcto despiece y aprovechamiento de la materia prima. Con la garantía de cumplimiento de normativa y especificaciones técnicas para la producción.

#### **4.2.1.19. Espacio disponible**

El sistema industrializado presenta ventajas respecto de la optimización de los espacios disponibles en obra. Debido a que evidentemente requiere una superficie mínima para su acopio, lo que permite optimizar los espacios disponibles ayudando a disminuir los accidentes en obra.

El sistema de fabricación en planta permite llevar un stock controlado en obra que posibilita ordenar el material de acuerdo a las necesidades, necesita tener espacios ordenados y reducir las condiciones inseguras para los trabajadores de la obra.

#### **4.2.1.20. Protección a la salud y seguridad**

Constituyen un tema importante en la construcción. La armadura prefabricada reduce los riesgos debido a que el sistema de fabricación de armaduras en planta facilita el control del riesgo y permite la implantación de un sistema de gestión de riesgos laborales.

Con esto se disminuyen las condiciones inseguras en la obra, considerando el buen uso del equipo de protección personal de los colaboradores y la responsabilidad individual y colectiva en las maniobras y el uso de herramientas y equipo de trabajo para reducir la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

#### **4.2.1.21. Tiempo de ejecución**

El sistema de fabricación de armaduras en planta necesita una programación minuciosa para evitar contingencias que no se puedan solucionar en forma inmediata, permite la fabricación diaria ininterrumpida.

El rendimiento para el corte y doblado de las armaduras en el sistema de fabricación en planta está relacionado en forma directa con los equipos, maquinarias disponibles y consecuentemente con la capacidad instalada de producción que tenga. Es necesario para el éxito del sistema una correcta programación y seguimiento de los rendimientos.

#### **4.2.1.22. Transporte y manejo de los materiales**

Regularmente las empresas constructoras contratan el servicio de corte y doblado en planta. La instalación se ejecuta mediante mano de obra especializada en obra. Debe existir una coordinación entre la planta y la constructora para la programación y despacho de acuerdo a la necesidad del proyecto.

El acero figurado debe ser llevado a la obra en paquetes o atados debidamente rotulados. Si se transportan barras rectas, estas deben ir separadas por diámetros y longitudes. De acuerdo a la ubicación y tamaño del proyecto se pueden utilizar camiones con diferente capacidad para el traslado de las armaduras.

#### **4.2.1.23. Clima**

Con el sistema de fabricación de armaduras en planta se elimina el factor de riesgo climático. Se garantiza la producción y entrega de los productos. Uno

de los problemas en la ruta crítica es que se desconocen los días de lluvia. Al contratar la armadura prefabricada se tiene que asegurar que las fechas de entregas no estén afectadas por las condiciones meteorológicas.

Es importante contar con información acerca de la fabricación en planta de elementos para armaduras: en la industria de la construcción existe nuevos sistemas constructivos que permiten la reducción de los plazos de construcción, mejorar la calidad y reducir los costos en las obras.

A nivel mundial se registra un aumento en el uso del sistema de fabricación de armaduras en planta por las ventajas que representa. De acuerdo con los resultados, el total de los encuestados (100 %) considera que es importante contar con información sobre la fabricación en planta de elementos para armaduras. Es necesario que el interesado conozca las principales diferencias entre los métodos de fabricación en obra y en planta.

#### **4.2.2. Observación directa en visitas a obras**

El proyecto de apartamentos ubicado en la zona 14, descarga el material, pero no lo almacena. Trabajan con el material suministrado diariamente, lo que ocasiona desorden. Este procedimiento podría generar mal manejo de inventario que solicitan para cada fase de la obra.

Las áreas de trabajo son inseguras esto pone al personal en riesgo de sufrir accidentes. El uso de equipo de protección personal reduce la posibilidad de sufrir daños mayores durante la ocurrencia de accidentes.

El proyecto de apartamentos ubicado en zona 10, recibe el material en la obra en horario nocturno debido a que según los permisos que emite la

municipalidad de Guatemala: “todo proyecto ubicado en el casco urbano no podrá descargar material de plataformas durante el horario de 5 de la mañana a las 9 de la noche”, lo que provoca que los costos se elevan debido a que debe pagar a todo el personal horas extras.

En este caso el cliente opta que el material le sea suministrado con las piezas cortadas y dobladas a la medida, para ahorrar tiempo en la fabricación de material.

En el proyecto ubicado en zona 15 tienen en la bodega producto de emergencia para resolver situaciones imprevistas. El cliente utiliza material cortado y doblado suministrado de una empresa dedicada a la venta de materiales fabricados de hierro corrugado.

En este tipo de proyecto se debe hacer las solicitudes con base al cronograma de actividades para evitar atrasos. Cada pieza es fabricada con base en las muestras proporcionadas por el cliente.

El proyecto ubicado en zona 9, tiene limitantes por estar ubicado en el casco urbano. Cuenta con una bodega pequeña que le permite almacenar herramientas y equipos de seguridad para el personal. Esta obra utiliza el sistema de cortado y doblado en planta que reduce el desperdicio de material porque recibe las cantidades necesarias para utilizar en cada elemento. Permite cumplir con las medidas solicitadas en cada plano estructural y obtener beneficios en el manejo de inventarios de material.

#### **4.2.3. Comparación de costos de los sistemas de fabricación de armaduras de refuerzo**

Se debe incluir los costos que tiene que considerar la empresa constructora proveniente directamente del uso de las armaduras de refuerzo. Esto corresponde a los materiales utilizados, mano de obra, transporte de materiales y porcentaje de pérdidas, de acuerdo con cada caso.

Los valores de rendimientos de mano de obra dependen de la destreza o habilidad del personal, así como también de las condiciones en el proyecto, el clima, horarios de trabajo, entre otros.



## CONCLUSIONES

1. Los procesos de preparación de armaduras de acero para concreto armado en obras civiles pueden realizarse tanto en obra como en industrias especializadas. Deben contar con plantas de cortado y doblado que suministran los productos de acuerdo con las especificaciones o plano estructural de cada proyecto. Se considera este sistema como una opción importante para mejorar la calidad de las obras de construcción.
2. Los costos del sistema de fabricación de elementos para armaduras en obra son más elevados que los del sistema de fabricación en planta que permite disminución en tiempo de armado. Las piezas cortadas y dobladas aportan un beneficio que se ve reflejado en la reducción del desperdicio con un ahorro del 10 % en el costo de hierro corrugado y mejor aprovechamiento de espacios.
3. Las principales ventajas y desventajas de los sistemas de fabricación de elementos para armaduras evaluados son de aspecto económico, estructural y constructivo. El sistema tradicional representa mayor inversión en materiales, en mano de obra, en tiempo y disponer de amplio espacio frente al industrializado. Requiere menor inversión, pero representa ahorro de tiempo, de mano de obra y garantiza alta calidad de los elementos prefabricados, el éxito en la construcción de obras civiles y menor contaminación del ambiente de trabajo debido a la reducción de desperdicios.

4. Los diferentes productos que ofrece en el mercado nacional la empresa especializada en el corte y doblado de elementos para armaduras de refuerzo de estructuras de concreto armado. Se utilizan principalmente en columnas, vigas y losas, son prefabricados por personal capacitado y de acuerdo a los requerimientos específicos del cliente lo que garantiza mayor precisión y mejor calidad en la construcción en las obras civiles.

## RECOMENDACIONES

1. Es necesario, para el éxito de las obras de construcción civil que desarrollan los procesos de fabricación de elementos para armaduras de acero para concreto armado en obra o en planta, contar con una correcta programación, supervisión, control de calidad y seguimiento de los rendimientos. Asegurar un stock de materia prima para que la producción no se vea interrumpida.
2. Estandarizar los detalles de refuerzo, de manera que pueda producirse a un mínimo el número de barras de características distintas para facilitar las labores de habilitado y de colocación y simplificar la supervisión, el control, reducir el desperdicio, aprovechar los espacios y reducir costos.
3. La implementación de la armadura prefabricada en estructuras de concreto armado debe ser una decisión conjunta de los involucrados en el proyecto. Es necesario tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada sistema (tradicional e industrializado) e identificar las variables que afectan directamente al proyecto, desde el punto de vista económico, estructural y constructivo para tomar la opción que consideren más conveniente.
4. Utilizar los productos que existen en el mercado fabricado y distribuido por empresas con personal capacitado y calificado en el corte y doblado de elementos para armaduras de refuerzo. Debido a que son una buena opción para la construcción de obras civiles que no disponen de espacio suficiente y que persiguen ahorrar recursos como tiempo, mano de obra,

reducir los desperdicios y contribuir a la protección de los trabajadores y del ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACEVEDO DIAZ, Catherine. *Evaluación técnico económica del uso de armaduras prefabricadas en Chile*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil. Chile. 2009. 85 p.
2. ARRIAGA RUIZ, Daniel. Losas planas. [en línea]. <[https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO\\_1\\_LOSAS\\_PLANAS](https://www.academia.edu/29282098/CAPITULO_1_LOSAS_PLANAS)>. [Consulta: diciembre de 2019].
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala AGIES NSE 1-10. Generalidades, administración de las normas y supervisión técnica*. 2012. p.30.
4. BERRIOS, VILLAGRA, Nelson. *Plan de calidad en la construcción: ¿Cuál es su importancia?* [en línea]. < <https://portal.ondac.com/601/w3-article-117814.html>>. [Consulta: diciembre de 2019].
5. CAMACHO, Jheú. *Miembros en flexión, trabes y vigas*. Centro universitario Internacional. México: Estudios de postgrado. 2015. 70 p.
6. CASTRO ATAU, Yober. *Sistematización de detalles, habilitación y armado de aceros ASTM A 615 para construcciones de concreto armado*. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil. Perú. 2010. 315 p.

7. COGUANOR. Norma Guatemalteca Obligatoria (NGO) 36011:2005. Barras de acero al carbono lisas y corrugadas para refuerzo de concreto Especificaciones. p. 21.
8. FUENTES CATALAN, Nathanael. *Análisis comparativo de preparación de armaduras de refuerzo para hormigón, aplicado a edificación de altura, sistema industrializado vs. sistema tradicional fabricado en obra*. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Chile. 2014. 107 p.
9. Galería de fotos de google. *Control de doblado de barras en obra*. [en línea]. < [https://www.google.com/search?q=control+de+doblado+de+barras+en+obra&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi6qdyn9JznAhWrwFkKHxDFA2sQ\\_AUoAXoECAkQAw&biw=1280&bih=657](https://www.google.com/search?q=control+de+doblado+de+barras+en+obra&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi6qdyn9JznAhWrwFkKHxDFA2sQ_AUoAXoECAkQAw&biw=1280&bih=657) >. [Consulta: julio de 2019].
10. GARCÍA SOLOGAISTOA, Adolfo. *Consideraciones Generales sobre Concreto Reforzado*. Tesis de Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. 123 p.
11. GARRIDO HERNÁNDEZ, Emilio. *Aislamiento térmico y recubrimiento de hormigón*. Gerdau Aza, Chile. [en línea]. < <https://es.scribd.com/document/36622279/Ficha-Coleccionable-34> >. [Consulta: diciembre de 2019].
12. GERVACIO JIMÉNEZ, Marcos. *Detallado de acero de refuerzo en estructuras de concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil.

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.  
México. 2005. 149 p.

13. Gobierno de la República de Guatemala. Ministerio de Gobernación. *Ley Preliminar de Urbanismo. Decreto 583*. 1956. p. 12.
14. GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro. Adecuada habilitación del fierro de construcción. Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. Guatemala. 2017. p.40
15. GUERRA LUNA, Isaías. *Recomendaciones para evaluación y reforzamiento de losas macizas existentes, con el sistema de láminas de polímeros reforzado con fibras de carbono*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2013. 123 p.
16. HERNÁNDEZ, Rodrigo. *Almacenamiento de Materiales en Obra*. [en línea]. < <https://es.scribd.com/document/380412874/> >. [Consulta: diciembre de 2019].
17. LAMUS BAÉS, Fabián & ANDRADE PARDO, Sofía. *Concreto armado: La Fuerza de fluencia que pueda desarrollar la barra*. Colombia: Ecoe Ediciones. 2015. 222 p.
18. LARREA PALACIOS, Pablo. *Detalle refuerzo acero. Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado*. Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. 2009. 43.p.

19. LEONARDO, Carlos. *Tipos de proyectos según el lugar de actuación*. [en línea]. < <http://www.proyectistas.com/proyecto/proyecto.htm>>. [Consulta: diciembre de 2019].
20. MARTÍNEZ, Fabriani. *Metodología en la construcción*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Colombia: Biblioteca central. 2017. 50 p.
21. MÉNDEZ DEARA, Víctor. *Diseño de elementos de concreto reforzado. Trabajo de investigación de la unidad I. Ingeniería Civil*. Instituto Tecnológico de Campeche, Sub dirección Académica. México. 2015. 25 p.
22. MERJE, Carlos. *Manual de Soldadura: Conceptos generales de soldadura y procesos*. Perú: Oerlikon Exa. 2016. 173 p.
23. MORALES RAMIREZ, Evelyn. *Manual de apoyo docente para desarrollar ensayos de laboratorio relacionados con materiales de construcción*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala. 2006. 136 p.
24. Municipalidad de Guatemala. *RG-1. Plan Regulador. Reglamento de Construcción de la ciudad de Guatemala*. 1997. 55. p.
25. MUÑOZ, Harold. *Manual del acero Gerdau Diaco para construcciones sísmo resistentes*. Colombia: DIACO S.A. 2012. 274 p.
26. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 10a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana. 2001. 722 p.

27. NISTAL CORDERO, Ángel., RETANA MAQUEDA, María & RUÍZ ABRIO, María. *El hormigón: historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia*. Revista Tecnología y desarrollo UAX. Volumen X. año 2012. [en línea]. < [https://revistas.uaxes/index.php/tec\\_des/article/view/577](https://revistas.uaxes/index.php/tec_des/article/view/577) >. [Consulta: diciembre de 2019].
28. *Norma American Society for Testing and Materials (ASTM). ASTM A615, Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement*. EUA: ASTM International. 1990. 25 p.
29. NOVELO PECH, Arcadia. *Análisis comparativo de los ensayos de las barras de acero de construcción entre los laboratorios de Aceros de Guatemala y el Centro de Investigaciones de Ingeniería, según norma COGUANOR NGO 36011-2005*. Trabajo de graduación. Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2010. 163 p.
30. OCHOA REIBAN, Gustavo. *Optimización de corte de varillas de acero de construcción*. Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Ecuador. 2014. 172 p.
31. ORAMAS, SÁNCHEZ, Candelario. *Construcción de estructuras de concreto reforzado. Unidad 2*. [en línea]. < <https://es.slideshare.net/oasc89/concreto-5716830> >. [Consulta: diciembre de 2019].
32. ORTA, Luis. *Diseño de estructuras de concreto reforzado*. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey, Escuela de

Ingeniería y Ciencias, departamento de Ingeniería Civil. México. 2019.150 p.

33. QUEZADA RIVERA, Ariel Felipe. *Efectos de la soldadura en empalmes de acero de refuerzo, para hormigón armado*. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile. 201. 40 p.
34. ROMEA, Carles. *Armadura de acero en hormigón armado*. [en línea]. < <https://www.e-zigurat.com/blog/es/usamos-el-acero-como-refuerzo-para-el-hormigon/> >. [Consulta: diciembre 2019].
35. RONDON, Carlos. *Manual de Armaduras de Refuerzo para Hormigón GERDAU AZA. Fabricación, instalación y protección*. Chile. 2a ed. 2008. 276 p.
36. SANCHEZ SIERRA, Jhony. *Análisis de la influencia del refuerzo transversal en el confinamiento de columnas de sección circular y rectangular modeladas a escala reducida*. Universidad de La Salle Facultad de Ingeniería Civil, Colombia. 2008.108 p.
37. SURVEY MONKEY. *Calculadora del tamaño de la muestra*. [en línea]. < <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/?cmpid=&vosrc=&keyword=&matchtype=b&network=g&mobile=0&searchntwk=1&creative=270077068726> >. [Consulta: septiembre 2019].
38. VÁSQUEZ HERNÁNDEZ, Lidia. *Diseño de moldajes utilizando tableros: aplicación con tableros de Louisiana Pacific y otros*. Universidad

Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Construcción, Chile. 2010. 154 p.

39. WINZING, Francisco. *Compendio de normas para productos de acero*. 3a ed. Chile: Gerdau Aza.200. 70 p.
40. YEPES PIQUERAS, Víctor. *Breve introducción a los orígenes del hormigón armado*. [en línea]. < <https://www.interempresasnet/Construccion/Articulos/167016Breveintroduccion-alosorigenesdel-hormigon-armado.html>>. [Consulta: diciembre 2019].



# APÉNDICES

## Apéndice 1. Instrumento de encuesta

### Cuestionario

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que plantean escalas de valor.

Lugar: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

#### I. Información personal

##### 1. Principales áreas de desempeño

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

#### II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado

##### 1. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanizaciones

Continuación de apéndice 1.

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?  
Sí    No
  
3. ¿Qué tipos de armaduras ha utilizado?
  - Estribos
  - Zunchos
  - Refuerzos circulares
  - Grapas
  - Mallas electrosoldadas
  
4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?
  - Fabricados en obra
  - Fabricados en planta
  
5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?
  
6. En su opinión, ¿existe diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?  
Sí    No  
Si contestó sí, valore la diferencia de costos
  - Alta
  - Media
  - Baja
  
7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?  
Sí    No  
Si contestó sí, valore la diferencia de calidad
  - Alta
  - Media
  - Baja
  
8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?  
Sí    No  
Si su respuesta es sí, qué tipo de elementos cree que trabaja mejor ante eventos sísmicos
  - Fabricados en obra
  - Fabricados en planta

Continuación de apéndice 1.

### III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?  
Sí No
2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?
3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	
Espacio disponible	
Personal	
Control de calidad de producción	
Transporte y manejo de los materiales	
Tiempo de ejecución	
Clima	
Salud y seguridad en obra	
Otros	

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas la varilla de acero?  
Sí No
5. ¿Ha tenido experiencias del robo de varillas de acero en los proyectos?  
Sí No

### IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?  
Sí No

Continuación de apéndice 1.

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?
  - Estribos

Continuación de apéndice 1.

- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrosoldadas

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficios ha tenido el fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	
Espacio disponible	
Recurso humano	
Control de calidad de producción	
Transporte y manejo de los materiales	
Tiempo de ejecución	
Clima	
Salud y seguridad en obra	
Otros	

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?  
Sí No

Se agradece su participación en esta encuesta

Fuente: elaboración propia.

# Apéndice 2. Cuestionario respondido por los encuestados

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer los preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y enviar el valor que considere en los proyectos que planean ejecutar en el año.

Log: Carolina de Guzmán Fecha: 21/01/2016

**I. Información personal**

1. ¿Procesos áreas de desarrollo?

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

**II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado**

1. Identifique el tipo de proyecto en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribo
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

No

6. En su opinión, ¿cuáles diferencias de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de costos

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de calidad

- Alta
- Media
- Baja

8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si no responde es si, ¿qué tipo de elementos cree que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

No

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Control de calidad	1
Control de tiempos de ejecución	1
Seguridad y salud de los trabajadores	1
Control de desperdicio	1
Control de materiales	1
Control de desperdicio de agua	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas de varillas de acero?

No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de varillas de acero en los proyectos?

No

**IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribo
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Control de calidad	1
Control de tiempos de ejecución	1
Seguridad y salud de los trabajadores	1
Control de desperdicio	1
Control de materiales	1
Control de desperdicio de agua	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer los preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y enviar el valor que considere en los proyectos que planean ejecutar en el año.

Log: Carolina de Guzmán Fecha: 21/01/2016

**I. Información personal**

1. ¿Procesos áreas de desarrollo?

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

**II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado**

1. Identifique el tipo de proyecto en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribo
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

No

6. En su opinión, ¿cuáles diferencias de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de costos

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de calidad

- Alta
- Media
- Baja

8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si no responde es si, ¿qué tipo de elementos cree que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

No

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Control de calidad	1
Control de tiempos de ejecución	1
Seguridad y salud de los trabajadores	1
Control de desperdicio	1
Control de materiales	1
Control de desperdicio de agua	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas de varillas de acero?

No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de varillas de acero en los proyectos?

No

**IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribo
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Control de calidad	1
Control de tiempos de ejecución	1
Seguridad y salud de los trabajadores	1
Control de desperdicio	1
Control de materiales	1
Control de desperdicio de agua	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer los preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y enviar el valor que considere en los proyectos que planean ejecutar en el año.

Log: Carolina de Guzmán Fecha: 21/01/2016

**I. Información personal**

1. ¿Procesos áreas de desarrollo?

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

**II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado**

1. Identifique el tipo de proyecto en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribo
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

No

6. En su opinión, ¿cuáles diferencias de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de costos

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de calidad

- Alta
- Media
- Baja

8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si no responde es si, ¿qué tipo de elementos cree que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

No

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Control de calidad	1
Control de tiempos de ejecución	1
Seguridad y salud de los trabajadores	1
Control de desperdicio	1
Control de materiales	1
Control de desperdicio de agua	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas de varillas de acero?

No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de varillas de acero en los proyectos?

No

**IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribo
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Control de calidad	1
Control de tiempos de ejecución	1
Seguridad y salud de los trabajadores	1
Control de desperdicio	1
Control de materiales	1
Control de desperdicio de agua	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

No

Se agradece su participación en esta encuesta

## Continuación de apéndice 2.

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una 'X' la opción de respuesta que considere es la adecuada y escribir el valor que considere en las preguntas que pidiere escalas de valor.

Lugar: Ciudad de Guadalajara Fecha: 21/03/20

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desempeño:

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

2. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años:

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

3. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

Sí  No

4. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estructas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrodoformadas

5. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

6. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo? 10%

7. En su opinión, ¿existe diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

¿Concedió o valore la diferencia de costos:

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

Sí  No

8. ¿Concedió o valore la diferencia de calidad:

- Alta
- Media
- Baja

9. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

10. ¿La resistencia es el que tipo de elementos que que fabrica mejor entre eventos sísmicos:

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**II. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra? 10%

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Seguridad	1
Control de calidad de producción	1
Flexibilidad y manejo de los materiales	1
Manejo de residuos	1
Control de tiempos de obra	1
Otros	1

4. ¿A fabricar en obra los armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fracturas la columna de acero?

Sí  No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de verificación de acero en los proyectos?

Sí  No

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

2. ¿Qué elementos para armadura ha utilizado, fabricados en planta?

- Estructas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrodoformadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	5
Seguridad	5
Control de calidad de producción	5
Flexibilidad y manejo de los materiales	5
Manejo de residuos	5
Control de tiempos de obra	5
Otros	5

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una 'X' la opción de respuesta que considere es la adecuada y escribir el valor que considere en las preguntas que pidiere escalas de valor.

Lugar: Ciudad de Guadalajara Fecha: 21/03/20

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desempeño:

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

2. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años:

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

3. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

Sí  No

4. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estructas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrodoformadas

5. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

6. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo? 10%

7. En su opinión, ¿existe diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

¿Concedió o valore la diferencia de costos:

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

Sí  No

8. ¿Concedió o valore la diferencia de calidad:

- Alta
- Media
- Baja

9. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

10. ¿La resistencia es el que tipo de elementos que que fabrica mejor entre eventos sísmicos:

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**II. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra? 10%

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Seguridad	1
Control de calidad de producción	1
Flexibilidad y manejo de los materiales	1
Manejo de residuos	1
Control de tiempos de obra	1
Otros	1

4. ¿A fabricar en obra los armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fracturas la columna de acero?

Sí  No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de verificación de acero en los proyectos?

Sí  No

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

2. ¿Qué elementos para armadura ha utilizado, fabricados en planta?

- Estructas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrodoformadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	5
Seguridad	5
Control de calidad de producción	5
Flexibilidad y manejo de los materiales	5
Manejo de residuos	5
Control de tiempos de obra	5
Otros	5

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una 'X' la opción de respuesta que considere es la adecuada y escribir el valor que considere en las preguntas que pidiere escalas de valor.

Lugar: Ciudad de Guadalajara Fecha: 21/03/20

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desempeño:

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

2. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años:

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

3. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

Sí  No

4. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estructas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrodoformadas

5. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

6. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo? 10%

7. En su opinión, ¿existe diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

¿Concedió o valore la diferencia de costos:

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

Sí  No

8. ¿Concedió o valore la diferencia de calidad:

- Alta
- Media
- Baja

9. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

10. ¿La resistencia es el que tipo de elementos que que fabrica mejor entre eventos sísmicos:

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**II. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra? 10%

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Seguridad	1
Control de calidad de producción	1
Flexibilidad y manejo de los materiales	1
Manejo de residuos	1
Control de tiempos de obra	1
Otros	1

4. ¿A fabricar en obra los armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fracturas la columna de acero?

Sí  No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de verificación de acero en los proyectos?

Sí  No

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

2. ¿Qué elementos para armadura ha utilizado, fabricados en planta?

- Estructas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrodoformadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	5
Seguridad	5
Control de calidad de producción	5
Flexibilidad y manejo de los materiales	5
Manejo de residuos	5
Control de tiempos de obra	5
Otros	5

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

# Continuación apéndice 2.

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que permitan evaluar de valor.

Lugar: Colegio de Ingenieros y Arquitectos Fecha: 20/04/2021

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desempeño

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

2. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado

1. Identifica el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En más proyectos se utilizan estructuras de concreto armado?

No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribos
- Zunches
- Refuerzo circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricación en obra
- Fabricación en planta

5. ¿Qué es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

6. En su opinión, ¿existe diferencia de costo al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de costo

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Cada elemento en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

No

Si contesta si, valore la diferencia de calidad

- Alta
- Media
- Baja

8. ¿Cada elemento en el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de comportamiento estructural de los elementos que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**II. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	2
Seguridad	3
Control de calidad de los materiales	4
Manejo y manejo de los materiales	5
Manejo de residuos	1
Manejo de riesgos	1
Manejo de tiempos	1
Manejo de espacios	1
Manejo de otros	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fallas en la verificación de acero?

No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de caídas de acero en las proyectos?

No

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribos
- Zunches
- Refuerzo circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Seguridad	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de residuos	1
Manejo de riesgos	1
Manejo de tiempos	1
Manejo de espacios	1
Manejo de otros	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que permitan evaluar de valor.

Lugar: Colegio de Ingenieros y Arquitectos Fecha: 20/04/2021

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desempeño

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

2. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado

1. Identifica el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En más proyectos se utilizan estructuras de concreto armado?

No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribos
- Zunches
- Refuerzo circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricación en obra
- Fabricación en planta

5. ¿Qué es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

6. En su opinión, ¿existe diferencia de costo al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de costo

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Cada elemento en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

No

Si contesta si, valore la diferencia de calidad

- Alta
- Media
- Baja

8. ¿Cada elemento en el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de comportamiento estructural de los elementos que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**II. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	2
Seguridad	3
Control de calidad de los materiales	4
Manejo y manejo de los materiales	5
Manejo de residuos	1
Manejo de riesgos	1
Manejo de tiempos	1
Manejo de espacios	1
Manejo de otros	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fallas en la verificación de acero?

No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de caídas de acero en las proyectos?

No

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribos
- Zunches
- Refuerzo circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Seguridad	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de residuos	1
Manejo de riesgos	1
Manejo de tiempos	1
Manejo de espacios	1
Manejo de otros	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que permitan evaluar de valor.

Lugar: Colegio de Ingenieros y Arquitectos Fecha: 20/04/2021

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desempeño

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

2. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado

1. Identifica el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En más proyectos se utilizan estructuras de concreto armado?

No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribos
- Zunches
- Refuerzo circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricación en obra
- Fabricación en planta

5. ¿Qué es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

6. En su opinión, ¿existe diferencia de costo al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de costo

- Alta
- Media
- Baja

7. ¿Cada elemento en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

No

Si contesta si, valore la diferencia de calidad

- Alta
- Media
- Baja

8. ¿Cada elemento en el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

No

Si contesta si, valore la diferencia de comportamiento estructural de los elementos que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**II. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra, una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	2
Seguridad	3
Control de calidad de los materiales	4
Manejo y manejo de los materiales	5
Manejo de residuos	1
Manejo de riesgos	1
Manejo de tiempos	1
Manejo de espacios	1
Manejo de otros	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fallas en la verificación de acero?

No

5. ¿Ha tenido experiencias del tipo de caídas de acero en las proyectos?

No

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribos
- Zunches
- Refuerzo circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficios ha tenido fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costo	1
Calidad	1
Seguridad	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de residuos	1
Manejo de riesgos	1
Manejo de tiempos	1
Manejo de espacios	1
Manejo de otros	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

No

Se agradece su participación en esta encuesta

# Continuación de apéndice 2.

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que permitan escalas de valor.

Lugar: San José de Guabacá Fecha: 2-10-19

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desarrollo

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

**II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado**

1. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

Sí  No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Esquinas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo? 10%

6. En su opinión, ¿cuál es la diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si contestó a: valore la diferencia de costos

- Alto
- Medio
- Bajo

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

Sí  No

Si contestó a: valore la diferencia de calidad

- Alto
- Medio
- Bajo

8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si se requiere es: ¿qué tipo de elementos que que trabajó mejor entre ambos sistemas

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra? 10%

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Control de calidad de producción	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de personal	1
Manejo logístico en obra	1
Clima	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas la verja de acero?

Sí  No

5. ¿Ha tenido experiencias del robo de verjas de acero en los proyectos?

Sí  No

**IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Esquinas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficio ha tenido el fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Control de calidad de producción	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de personal	1
Manejo logístico en obra	1
Clima	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que permitan escalas de valor.

Lugar: San José de Guabacá Fecha: 2-10-19

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desarrollo

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

**II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado**

1. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

Sí  No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Esquinas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo? 10%

6. En su opinión, ¿cuál es la diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si contestó a: valore la diferencia de costos

- Alto
- Medio
- Bajo

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

Sí  No

Si contestó a: valore la diferencia de calidad

- Alto
- Medio
- Bajo

8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si se requiere es: ¿qué tipo de elementos que que trabajó mejor entre ambos sistemas

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra? 10%

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Control de calidad de producción	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de personal	1
Manejo logístico en obra	1
Clima	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas la verja de acero?

Sí  No

5. ¿Ha tenido experiencias del robo de verjas de acero en los proyectos?

Sí  No

**IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Esquinas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficio ha tenido el fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Control de calidad de producción	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de personal	1
Manejo logístico en obra	1
Clima	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que será utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que permitan escalas de valor.

Lugar: San José de Guabacá Fecha: 2-10-19

**I. Información personal**

1. Principales áreas de desarrollo

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

**II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado**

1. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

2. ¿En estos proyectos se utilizaron estructuras de concreto armado?

Sí  No

3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Esquinas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricadas en obra
- Fabricadas en planta

5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo? 10%

6. En su opinión, ¿cuál es la diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si contestó a: valore la diferencia de costos

- Alto
- Medio
- Bajo

7. ¿Existe diferencia en la calidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados?

Sí  No

Si contestó a: valore la diferencia de calidad

- Alto
- Medio
- Bajo

8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si se requiere es: ¿qué tipo de elementos que que trabajó mejor entre ambos sistemas

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

**III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra**

1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra? 10%

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Control de calidad de producción	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de personal	1
Manejo logístico en obra	1
Clima	1

4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo ¿ha presentado fracturas la verja de acero?

Sí  No

5. ¿Ha tenido experiencias del robo de verjas de acero en los proyectos?

Sí  No

**IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta**

1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Esquinas
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrohormadas

3. En la escala del 1 al 5 ¿qué beneficio ha tenido el fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventajas
Costos	1
Control de calidad de producción	1
Control de calidad de los materiales	1
Manejo y manejo de los materiales	1
Manejo de personal	1
Manejo logístico en obra	1
Clima	1

4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

## Continuación de apéndice 2.

**Cuestionario**

Objetivo de la encuesta: obtener información acerca de armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado, que sea utilizada con fines académicos.

Instrucciones: leer las preguntas y marcar con una X la opción de respuesta que considere es la adecuada y anotar el valor que considere en las preguntas que planteen escalas de valor.

Lugar: Ciudad de Panamá Fecha: 2019

### I. Información personal

#### 1. Principales áreas de desarrollo

- Diseño
- Ejecución
- Supervisión
- Mantenimiento

### II. Información general armaduras de refuerzo para estructuras de concreto armado

#### 1. Identifique el tipo de proyectos en los que ha participado en los últimos 10 años

- Vivienda residencial
- Vivienda en serie
- Edificios
- Infraestructura
- Desarrollo urbanísticos

#### 2. ¿En estos proyectos se utilizan estructuras de concreto armado?

Sí  No

#### 3. ¿Qué tipo de armaduras ha utilizado?

- Estribos
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrocortadas

#### 4. ¿Qué métodos de fabricación de armaduras de refuerzo conoce?

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

#### 5. ¿Cuál es el porcentaje del presupuesto que ha utilizado en un proyecto de construcción para armaduras de refuerzo?

En su opinión, ¿existe diferencia de costos al utilizar elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si contestó sí, valore la diferencia de costos

- Alta
- Medía
- Baja

#### 7. ¿Existe diferencia en la cantidad de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si contestó sí, valore la diferencia de cantidad

- Alta
- Medía
- Baja

#### 8. ¿Existe diferencia entre el comportamiento estructural de los elementos para armaduras de refuerzo fabricados en obra versus los fabricados en planta?

Sí  No

Si su respuesta es sí, ¿qué tipo de elementos cree que trabaja mejor ante eventos sísmicos

- Fabricados en obra
- Fabricados en planta

### III. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra

#### 1. ¿Considera la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en obra una actividad crítica en la ejecución de proyectos de concreto armado?

Sí  No

#### 2. ¿Qué porcentaje representa el desperdicio de materiales en la fabricación de armaduras de refuerzo en obra?

10%  20%  30%  40%  50%

#### 3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido fabricar en obra los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventaja
Costos	
España disponible	
Pérdidas	
Control de calidad de producción	
Transporte y manejo de los materiales	
Tiempo de ejecución	
Costo	
Salud y seguridad en obra	
Otros	

#### 4. Al fabricar en obra las armaduras de refuerzo, ¿ha presentado fracturas la venta de acero?

Sí  No

#### 5. ¿Ha tenido experiencias del rollo de acero en los proyectos?

Sí  No

### IV. Información fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta

#### 1. ¿Considera una alternativa favorable la fabricación en planta de armaduras?

Sí  No

#### 2. ¿Qué elementos para armaduras ha utilizado, fabricados en planta?

- Estribos
- Zunchos
- Refuerzos circulares
- Grapas
- Mallas electrocortadas

#### 3. En la escala del 1 al 5, ¿qué beneficio ha tenido al fabricar en planta los refuerzos armados, donde 1 es más bajo y 5 más alto?

Factor evaluado	Ventaja
Costos	
España disponible	
Pérdidas	
Control de calidad de producción	
Transporte y manejo de los materiales	
Tiempo de ejecución	
Costo	
Salud y seguridad en obra	
Otros	

#### 4. ¿Considera que es necesario contar con información sobre la fabricación de elementos para armaduras de refuerzo en planta?

Sí  No

Se agradece su participación en esta encuesta

Fuente: elaboración propia.

### Apéndice 3. **Instrumento de observación directa**

#### **Guía de observación en visitas a proyectos de construcción**

Fecha de la visita: \_\_\_\_\_ Proyecto visitado: \_\_\_\_\_

1. Ubicación.
2. Espacio en obra.
2. Proceso de descarga de materiales.
3. Bodega.
5. Tipo de sistema de fabricación de armaduras.
6. Equipo de protección personal.

Fuente: elaboración propia

## ANEXOS

### Anexo 1. **Detalle de uso de eslabones en armaduras**



Fuente: GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro Adecuada habilitación del fierro de construcción.  
Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.15.

### Anexo 2. **Traslapes comunes en obra**



Fuente: Proyecto de construcción en zona 9 ciudad capital, 2019.

Anexo 3. **Vista planta de producción de Corporación Aceros de Guatemala**



Fuente: GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro Adecuada habilitación del fierro de construcción.  
Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.15.

Anexo 4. **Tipos elementos de refuerzo para armaduras fabricados por Corporación Aceros de Guatemala**



Fuente: GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro Adecuada habilitación del fierro de construcción.  
Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.15.

**Anexo 5. Equipos e instalaciones Corporación Aceros de Guatemala**



Fuente: GONZALES RODRÍGUEZ, Pedro Adecuada habilitación del fierro de construcción.  
Instructivo Técnico Interno. Corporación Aceros de Guatemala. p.15.