

“PANEL DE REFUERZO PARA LA CONSTRUCCION SISMORRESISTENTE, SISTEMA Y METODO PARA LA OBTENCION DE DICHO PANEL DE REFUERZO”

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un producto relacionado con un panel de refuerzo para la construcción a partir de la conformación de una malla electrosoldada fabricada en un material especial, el sistema de fabricación del producto y el método de obtención de este. La materia reclamada se ubica dentro del campo de la ingeniería de materiales, mecánica y civil.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el estado de la técnica se conocen diferentes productos relacionados con mallas electrosoldadas para la construcción. Estas mallas o paneles electrosoldados comúnmente se fabrican a partir de barras de acero de refuerzo laminado en frío, obteniendo un acero fuerte pero reduciendo su ductilidad (límite de fluencia mayor a 70000 psi y resistencia a la tracción mayor a 80000 psi, según requisitos de norma); lo anterior ha sido objeto de controversia dado que la NSR-10 (Norma colombiana de construcciones sismorresistentes), exige mayor ductilidad de la que presenta la malla electrosoldada disponible en el mercado (límite de fluencia entre 60000 y 78000 psi, relación f_u/f_y mayor a 1,25 y alargamiento mayor al 14%).

El problema planteado en la presente solicitud consiste en que no existen en el mercado mallas electrosoldadas de acero de refuerzo que cumplan con los requerimientos de ductilidad para su uso en muros estructurales que hacen parte del marco sísmico, exigidos por el reglamento colombiano de construcción NSR-10 y su equivalente norteamericano más actualizado ACI-318-19.

Las mallas electrosoldadas de acero de refuerzo de muros estructurales que existen en el mercado se fabrican con alambres de acero laminados en frío. En este proceso de transformación las propiedades mecánicas cambian, mejorando sustancialmente su límite elástico y su resistencia a la tracción, pero reduciendo su alargamiento. Por esto último, el reglamento NSR-10, en concordancia con el ACI-318-19, ha restringido su uso como refuerzo en muros en edificios de baja altura y a los pisos inferiores.

Así las cosas, una alternativa para el cumplimiento de las normas es el uso de mallas electrosoldadas armadas a partir de material laminado en caliente que cumple con los requisitos de ductilidad y resistencia descritos. El producto resultante es una malla electrosoldada que cumple las propiedades mecánicas exigidas en las normas.

El producto de la presente solicitud demuestra las propiedades mecánicas obtenidas con la malla para muros con acero sismorresistente, con el fin de determinar el cumplimiento de los requisitos de la NSR-10 y de las normas técnicas correspondientes. Además, también se pretende evaluar las mismas propiedades a partir de probetas de materia prima y al ser unidas por soldadura, para encontrar y concluir sobre los efectos que representan las uniones soldadas en el comportamiento del refuerzo.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un grupo de figuras en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 divulga el producto de nuestra solicitud que consiste en el panel de refuerzo (P) que se construye con barras longitudinales (1) y barras transversales (2) de acero rectas de longitud continua; las uniones de las barras se realizan en puntos de intersección (3) mediante soldadura por resistencia eléctrica.

La figura 2 muestra el armado de un muro de concreto reforzado que se realiza con una o varias parrillas (según diseño del refuerzo); estas se amarran a los salientes de parrilla piso a piso del piso anterior (5) y a los salientes de las parrillas adyacentes (6), formando superposiciones o traslapes entre ellas.

La figura 3 presenta el conjunto de equipos que componen el sistema para la fabricación de paneles de refuerzo (P) que incluye, entre otros, la máquina para soldadura por resistencia eléctrica realizado por soldadoras de punto con múltiples cabezales.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El problema a resolver en esta solicitud, que ya se mencionó, consiste en que no existen en el mercado paneles para la construcción a partir de mallas electrosoldadas de acero de refuerzo que cumplan con los requerimientos de ductilidad para su uso en muros estructurales que hacen parte del marco sísmico, exigidos por el reglamento colombiano de construcción NSR-10 y su equivalente norteamericano más actualizado ACI-318-19.

La solución al problema propuesto lo definiremos con detalle en nuestra solicitud y consiste en un sistema de refuerzo de acero laminado en caliente (acero dúctil), que consiste en un panel en forma de parrilla, utilizado en estructuras de concreto reforzado, especialmente en muros, utilizados en sistemas industrializados de construcción, junto con elementos de borde apropiados según diseño del muro.

El refuerzo de muros estructurales con parrilla electrosoldada es de acero laminado en caliente dúctil (acero de baja aleación, de alta resistencia (60.000psi), con altos valores de alargamiento y alta soldabilidad, obtenidas por laminación en caliente), y se compone de una parrilla o panel (P) con barras longitudinales (1) y barras transversales (2) de acero rectas, de longitud continua, dispuestas ortogonalmente, con núcleo de sección circular y en cuya superficie existen salientes denominadas estrías, resaltes o corrugas (4), unidas en los puntos de intersección o uniones (3), las barras se ensamblan en un proceso de soldadura por resistencia eléctrica, realizado en máquinas soldadoras de punto con múltiples cabezales, respetando una separación longitudinal entre barras (sl) y una separación transversal (st) dadas por la cuantía de refuerzo, y unas dimensiones, largo del panel (lp) y ancho del panel (ap), definidas por las dimensiones del muro y el diseño del refuerzo (figura 1).

El panel en forma de parrilla como lo mencionamos está formado por barras corrugadas de acero de baja aleación, para refuerzo de concreto (Deformed Low Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement), de límite de fluencia mínima de 420MPa o 60.000psi, resistencia a la tracción mínima de 550MPa o 80.000psi, relación de ductilidad fu/fy de 1.25 (“tensile strength / yield strength ratio” o también llamado “strain hardening ratio”), porcentaje de elongación mínimo de 14% (elongation to rupture), análisis químico con valores porcentuales máximos para C (0,30), Mn (1,5), P (0,035), S (0,045) y Si (0,50) y carbono equivalente (%C.E.) máximo de 0,55.

El producto de nuestra solicitud es novedoso e inventivo porque el panel de refuerzo (P) se construye con una o varias mallas que se componen de barras longitudinales (1) y barras transversales (2) de acero dúctil laminado en caliente (acero de baja aleación, de alta resistencia -60.000psi- con altos valores de alargamiento y alta soldabilidad, rectas de longitud continua, con núcleo de sección circular y en cuya superficie existen salientes denominadas corrugas; las uniones de las barras se realizan en puntos de intersección (3) mediante soldadura por resistencia eléctrica realizado por soldadoras de punto con múltiples cabezales, unas dimensiones, largo del panel (lp) y ancho del panel (ap), definidas por las dimensiones del muro y el diseño del refuerzo, respetando una separación longitudinal entre barras (sl) y una separación transversal (st) dadas por la cuantía de refuerzo y las siguientes relaciones matemáticas:

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{A_c}$$

$$A_c = t \times l$$

$$A_s = n \times A_{sl} = n \times A_{st}$$

$$S_l = \text{entero} \left(\frac{l}{\frac{A_{sl}}{A_t}} / S_{L\text{mín}} \right) \times S_{L\text{mín}}$$

$$S_t = \text{entero} \left(\frac{l}{\frac{A_{st}}{A_t}} / S_{L\text{mín}} \right) \times S_{L\text{mín}}$$

Donde:

ρ_t = Cuantía geométrica refuerzo transversal o relación entre área de acero respecto al área bruta de hormigón

ρ_l = Cuantía geométrica refuerzo longitudinal o relación entre área de acero respecto al área bruta de hormigón

A_{st} = sección de acero refuerzo transversal (cm²/m)

A_{sl} = sección de acero refuerzo longitudinal (cm²/m)

A_c = sección bruta de hormigón (cm²)

A_s = sección de acero (cm²)

t = ancho del muro (cm)

l = longitud del muro (cm)

n = número de parrillas

A_t = área sección transversal del acero (cm²)

$S_{L\text{mín}}$ = Separación libre mínima entre barras paralelas de una capa (cm) = 2,5

S_t = Separación transversal entre barras (cm/m)

S_l = Separación longitudinal entre barras (cm/m)

Teniendo en cuenta que es necesario realizar dentro de la definición del panel de refuerzo (P) exclusiones expresas de materia mediante definiciones negativas, restringimos la definición introduciendo los siguientes “**disclamers**”:

- El panel de refuerzo (p) se caracteriza porque **el acero utilizado no es acero del tipo laminado en frío.**
- **El acero utilizado en el panel de refuerzo (P) no es alambre de acero al carbono, liso y corrugado**, para hormigón ASTM A 1064/A 1064M (NTC5806).
- **La parrilla o panel de refuerzo (P) no usa alambre negro recocido, corbata plástica o empalmes mecánicos** como elemento de unión de las varillas (3).
- En el método de obtención de la parrilla o panel de refuerzo (P) la etapa de **unión con soldadura no es por arco eléctrico con adición de material.**

- **La soldadura utilizada en las uniones no es del tipo por arco protegido (SMAW), arco eléctrico con metal y gas (GMAW) o por arco eléctrico con fundente en el núcleo (FCAW).**
- **Las uniones de barras (3) no se realizan mediante atado manual o máquina de mano de atar hierros automática.**
- **Las parrillas no se fabrican mediante un proceso manual que signifique un precalentamiento ni adición de material fundente.**
- **Las parrillas no se fabrican en una única separación entre varillas.**
- **Las parrillas no se fabrican con un proceso manual y artesanal.**
- **Las soldaduras no se realizan individualmente por cada unión.**
- **Las parrillas no se fabrican en un proceso controlado manualmente.**
- **Las parrillas no se fabrican en un proceso aleatorio.**
- **Las parrillas no se fabrican en un proceso intermitente.**

Si el refuerzo se ha diseñado con varias parrillas conformando el armado del muro de concreto reforzado, estas se amarran a los salientes de parrilla piso a piso del piso anterior (5) y a los salientes de las parrillas adyacentes (6), formando superposiciones o traslapes entre ellas. Los amarres se realizan con alambre de acero negro recocido calibre 17, en cantidad y forma apropiados para afirmar y asegurar las parrillas en su colocación. Adicional, se colocan el número de barras de refuerzo corrugadas (7) especificadas, conformando los elementos de borde (8), para confinar el muro (figura 2).

El conjunto de paneles y elementos de borde en combinación con las guías de aplicación, proponen un sistema de refuerzo de muros estructurales con parrilla electrosoldada de acero dúctil que se compone de forma general de las siguientes etapas de implementación: diseño del refuerzo, fabricación, control de calidad e instalación en obra.

El sistema y método de la solicitud en estudio tienen como objetivo fundamental garantizar el cumplimiento de los requerimientos mecánicos del acero para su uso en muros estructurales que hacen parte del marco sísmico, exigidos por el reglamento colombiano de construcción NSR-10 y su equivalente norteamericano más actualizado ACI-318-19. El objetivo se cumple mediante la ejecución en obra de las etapas de implementación del sistema de refuerzo de muros estructurales

con parrilla electrosoldada de acero dúctil, siguiendo los procedimientos y consideraciones incluidos en las guías de aplicación.

El número de parrillas, designación de la barra y separación entre barras se presenta a continuación, para diferentes espesores de muro y cuantía de refuerzo 0,0025 en ambas direcciones:

t	l	Numero De Parrillas	r _l	r _t	Asl cm ² /m	Ast cm ² /m	2W60		3W60	
							Sl cm	St cm	Sl cm	St cm
10	100	1	0,0025	0,0025	2,50	2,50	12,5	12,5	27,5	27,5
11	100	1	0,0025	0,0025	2,75	2,75	10,0	10,0	25,0	25,0
12	100	1	0,0025	0,0025	3,00	3,00	10,0	10,0	22,5	22,5
13	100	1	0,0025	0,0025	3,25	3,25	7,5	7,5	20,0	20,0
14	100	1	0,0025	0,0025	3,50	3,50	7,5	7,5	20,0	20,0
15	100	2	0,0025	0,0025	1,88	1,88	15,0	15,0	37,5	37,5
16	100	2	0,0025	0,0025	2,00	2,00	15,0	15,0	35,0	35,0
17	100	2	0,0025	0,0025	2,13	2,13	15,0	15,0	32,5	32,5
18	100	2	0,0025	0,0025	2,25	2,25	12,5	12,5	30,0	30,0
19	100	2	0,0025	0,0025	2,38	2,38	12,5	12,5	27,5	27,5
20	100	2	0,0025	0,0025	2,50	2,50	12,5	12,5	27,5	27,5
21	100	2	0,0025	0,0025	2,63	2,63	10,0	10,0	25,0	25,0
22	100	2	0,0025	0,0025	2,75	2,75	10,0	10,0	25,0	25,0
23	100	2	0,0025	0,0025	2,88	2,88	10,0	10,0	22,5	22,5
24	100	2	0,0025	0,0025	3,00	3,00	10,0	10,0	22,5	22,5
25	100	2	0,0025	0,0025	3,13	3,13	10,0	10,0	22,5	22,5
26	100	2	0,0025	0,0025	3,25	3,25	7,5	7,5	20,0	20,0
27	100	2	0,0025	0,0025	3,38	3,38	7,5	7,5	20,0	20,0
28	100	2	0,0025	0,0025	3,50	3,50	7,5	7,5	20,0	20,0
29	100	2	0,0025	0,0025	3,63	3,63	7,5	7,5	17,5	17,5
30	100	2	0,0025	0,0025	3,75	3,75	7,5	7,5	17,5	17,5

El número de parrillas, designación de la barra y separación entre barras se presenta a continuación, para diferentes espesores de muro y cuantía de refuerzo 0,0020 en ambas direcciones:

t	l	Numero De Parrillas	r_l	r_t	Asl	Ast	#2		#3	
							Sl	St	Sl	St
cm	cm				cm ² /m	cm ² /m	cm	cm	cm	cm
10	100	1	0,0020	0,0020	2,00	2,00	15,0	15,0	35,0	35,0
11	100	1	0,0020	0,0020	2,20	2,20	12,5	12,5	30,0	30,0
12	100	1	0,0020	0,0020	2,40	2,40	12,5	12,5	27,5	27,5
13	100	1	0,0020	0,0020	2,60	2,60	10,0	10,0	25,0	25,0
14	100	1	0,0020	0,0020	2,80	2,80	10,0	10,0	25,0	25,0
15	100	2	0,0020	0,0020	1,50	1,50	20,0	20,0	45,0	45,0
16	100	2	0,0020	0,0020	1,60	1,60	17,5	17,5	42,5	42,5
17	100	2	0,0020	0,0020	1,70	1,70	17,5	17,5	40,0	40,0
18	100	2	0,0020	0,0020	1,80	1,80	17,5	17,5	37,5	37,5
19	100	2	0,0020	0,0020	1,90	1,90	15,0	15,0	35,0	35,0
20	100	2	0,0020	0,0020	2,00	2,00	15,0	15,0	35,0	35,0
21	100	2	0,0020	0,0020	2,10	2,10	15,0	15,0	32,5	32,5
22	100	2	0,0020	0,0020	2,20	2,20	12,5	12,5	30,0	30,0
23	100	2	0,0020	0,0020	2,30	2,30	12,5	12,5	30,0	30,0
24	100	2	0,0020	0,0020	2,40	2,40	12,5	12,5	27,5	27,5
25	100	2	0,0020	0,0020	2,50	2,50	12,5	12,5	27,5	27,5
26	100	2	0,0020	0,0020	2,60	2,60	10,0	10,0	25,0	25,0
27	100	2	0,0020	0,0020	2,70	2,70	10,0	10,0	25,0	25,0
28	100	2	0,0020	0,0020	2,80	2,80	10,0	10,0	25,0	25,0
29	100	2	0,0020	0,0020	2,90	2,90	10,0	10,0	22,5	22,5
30	100	2	0,0020	0,0020	3,00	3,00	10,0	10,0	22,5	22,5

El sistema de refuerzo de muros estructurales de concreto reforzado con parrillas electrosoldadas es fabricado con acero W60 o laminado en caliente, en dimensiones de panel de 6000x2400mm o especiales (según diseño del refuerzo), para ser usadas en sistemas industrializados de construcción, para reforzamiento de muros estructurales de concreto reforzado que hacen parte del marco sísmico. El sistema

propuesto reemplaza el amarre con alambre o grapas por electrosoldado, generando mayores rendimientos y reduciendo costos.

Las barras corrugadas laminadas en caliente (acero dúctil) son fabricadas con acero corrugado de baja aleación laminado en caliente; según las especificaciones de las tablas requisitos mecánicos, alargamiento en 200mm y requisito de ductilidad – relación fu/fy.

Propiedad	Kgf/mm ²	lbf/pulg ²	MPa
Resistencia a la fluencia mín.	42	60000	420
Resistencia a la fluencia máx.	55	78000	540
Resistencia a la tracción mín.	56	80000	550

Alargamiento en 200mm

Designación		
No. De octavos	2 a 6	14
De pulgada	7 a 10	12
en mm	6M a 12M	14

Relación fu/fy

Propiedad	Valor
Relación fu/fy	1.25

Las barras se ensamblan mediante un proceso automático, continuo y controlado de electrosoldado (soldadura por resistencia eléctrica), que minimiza la afectación de las condiciones físicas del material y a la vez asegura la alineación, el espaciamiento exacto de todas las barras, la calidad de la unión y que el proceso sea técnicamente posible. La parrilla electrosoldada se forma en un panel plano geométricamente definido.

Resistencia al corte en la soldadura. El requisito en N es equivalente a $0.5 \times f_y \times A_n$, donde el esfuerzo de fluencia $f_y = 420\text{MPa}$ y A_n es el área nominal.

En la siguiente tabla se presenta el valor en N correspondiente a barra corrugada 1/4" o 6,35mm con área nominal $A_n = 31,669\text{mm}^2$.

Propiedad	Diámetro Pulg (mm)	N
Esfuerzo cortante mínimo en la soldadura	1/4" (6,35mm)	6650,49

Dimensiones. Las dimensiones disponibles para las parrillas son las descritas en la siguiente tabla; son las comúnmente solicitadas por los diseñadores estructurales y constructores:

Designación	Nº Varillas		Diámetro		Separación		Longitud pelos		Peso nomina l	Cuantía principa l	Peso unitario
	Long 6,00m	Transv 2,40m	Long mm	Transv mm	Long mm	Transv mm	Long mm	Transv mm	Kg/m	cm²/m	Kg
2W60 100	24	60	6,35	6,35	100	100	50	50	2,49	3,17	71,712
2W60 125	20	48	6,35	6,35	125	125	62,5	12,5	1,99	2,53	58,5648
2W60 150	16	40	6,35	6,35	150	150	75	75	1,66	2,11	47,808
2W60 175	14	35	6,35	6,35	175	175	25	62,5	1,42	1,81	41,832
2W60 200	12	30	6,35	6,35	200	200	100	100	1,25	1,58	35,856
2W60 225	11	27	6,35	6,35	225	225	75	75	1,11	1,41	32,5692
2W60 250	10	24	6,35	6,35	250	250	125	75	1,00	1,27	29,2824
2W60 300	8	20	6,35	6,35	300	300	150	150	0,83	1,06	23,904
3W60 100	24	60	9,52	9,52	100	100	50	50	5,60	7,12	161,28
3W60 125	20	48	9,52	9,52	125	125	62,5	12,5	4,48	5,69	131,712
3W60 150	16	40	9,52	9,52	150	150	75	75	3,73	4,75	107,52
3W60 175	14	35	9,52	9,52	175	175	25	62,5	3,20	4,07	94,08
3W60 200	12	30	9,52	9,52	200	200	100	100	2,80	3,56	80,64
3W60 225	11	27	9,52	9,52	225	225	75	75	2,49	3,16	73,248
3W60 250	10	24	9,52	9,52	250	250	125	75	2,24	2,85	65,856
3W60 300	8	20	9,52	9,52	300	300	150	150	1,87	2,37	53,76
8,5MW60 100	24	60	8,5	8,5	100	100	50	50	4,46	5,67	128,448
8,5MW60 125	20	48	8,5	8,5	125	125	62,5	12,5	3,57	4,54	104,899
8,5MW60 150	16	40	8,5	8,5	150	150	75	75	2,97	3,78	85,632
8,5MW60 175	14	35	8,5	8,5	175	175	25	62,5	2,55	3,24	74,928
8,5MW60 200	12	30	8,5	8,5	200	200	100	100	2,23	2,84	64,224
8,5MW60 225	11	27	8,5	8,5	225	225	75	75	1,98	2,52	58,3368
8,5MW60 250	10	24	8,5	8,5	250	250	125	75	1,78	2,27	52,4496
8,5MW60 300	8	20	8,5	8,5	300	300	150	150	1,49	1,89	42,816
9MW60 100	24	60	9	9	100	100	50	50	5,00	6,36	144
9MW60 125	20	48	9	9	125	125	62,5	12,5	4,00	5,09	117,6
9MW60 150	16	40	9	9	150	150	75	75	3,33	4,24	96
9MW60 175	14	35	9	9	175	175	25	62,5	2,86	3,64	84
9MW60 200	12	30	9	9	200	200	100	100	2,50	3,18	72
9MW60 225	11	27	9	9	225	225	75	75	2,22	2,83	65,4
9MW60 250	10	24	9	9	250	250	125	75	2,00	2,54	58,8
9MW60 300	8	20	9	9	300	300	150	150	1,67	2,12	48

12MW60 100	24	60	12	12	100	100	50	50	8,88	11,31	255,744
12MW60 125	20	48	12	12	125	125	62,5	12,5	7,10	9,05	208,858
12MW60 150	16	40	12	12	150	150	75	75	5,92	7,54	170,496
12MW60 175	14	35	12	12	175	175	25	62,5	5,07	6,46	149,184
12MW60 200	12	30	12	12	200	200	100	100	4,44	5,65	127,872
12MW60 225	11	27	12	12	225	225	75	75	3,95	5,03	116,15
12MW60 250	10	24	12	12	250	250	125	75	3,55	4,52	104,429
12MW60 300	8	20	12	12	300	300	150	150	2,96	3,77	85,248

- La dimensión estándar del panel es de 6000mm de longitud y 2400mm de ancho
- El número de barras es la cantidad que contiene cada panel de medida estándar en el sentido correspondiente (longitudinal o transversal)
- El diámetro es la medida en milímetros
- La separación es el espaciamiento entre barras en el sentido correspondiente (longitudinal o transversal)
- La longitud de salientes es la porción desde alguno de los extremos del panel hasta el eje de la barra perpendicular más próxima a ésta, medida sobre la barra en el sentido correspondiente (longitudinal o transversal)
- El peso nominal es el peso en kilogramos por metro lineal de malla
- La cuantía principal es el área de refuerzo por metro lineal de la malla, en el sentido del refuerzo principal (longitudinal) El peso unitario es el correspondiente al panel estándar

Para una cuantía de refuerzo 0,0025 en ambas direcciones el rango de los valores de las diferentes variables sería:

t 10-30 cm

l 100cm

Numero de parrillas hasta 2

Asl Sección de Acero longitudinal: 2,50 a 3,75 cm²/m

Ast Sección de Acero Transversal: 2,50 a 3,75 cm²/m

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) 2W60 7,5 a 15

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) 2W60 7,5 a 15

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) 3W60 17,5 a 37,5

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) 3W60 17,5 a 37,5

Para una cuantía de refuerzo 0,0020 en ambas direcciones el rango de los valores de las diferentes variables serían:

t 10-30 cm

l 100 cm

Numero de parrillas hasta 2

Asl Sección de Acero longitudinal: 1,50 a 3,00 cm²/m

Ast Sección de Acero Transversal: 1,50 a 3,00 cm²/m

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) #2 10 a 20

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) #2 10 a 20

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) 3W60 22,5 a 45

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) 3W60 22,5 a 45

SISTEMA DE FABRICACIÓN DE LA PARRILLA ELECTROSOLDADA (P)

La línea de producción para la obtención de la parrilla electrosoldada, malla o panel de refuerzo (P) se compone de:

- Zona de Almacenamiento de Material. La línea de producción comprende el almacenamiento de barra corrugada en rollo (9) de acero laminado en caliente dúctil, materia prima que luego es trasladada al área de desembobinado, para ser colocado horizontalmente sobre las bases giratorias de los carretes (10).

- Máquina Enderezadora (11). El rollo de alambre de barra corrugada se introduce a la máquina enderezadora (11) la cual lo hala y lo introduce en el enderezador, del cual sale completamente recto y cortado a la medida requerida. La máquina enderezadora automática de rotor para la producción de barras cortadas a medida es opcional, si la materia prima utilizada viene en presentación de rollo corrugado.

Máquinas para el enderezado (11) del hilo de alambre corrugado (Opcional, si la materia prima utilizada viene en presentación de rollo corrugado). Las barras de alambre corrugado, cortadas a medidas, son producidas en las máquinas para enderezado, cuando la materia prima es rollo de alambre corrugado. La materia prima usada en las máquinas para la producción de malla electrosoldada es alambre de acero corrugado en barras, que proviene del proceso de enderezado.

El enderezado (11) consiste en pasar el rollo corrugado por un rotor que gira con dados de tungsteno, colocados excéntricamente para cambiarle de dirección al alambre y poder obtenerlo completamente recto, listo para el corte. Finalmente, con la señal de un sensor, la cizalla actúa para realizar el corte a medida; la varilla se libera y cae en la tolva de almacenamiento. La máquina al momento del corte cuenta las varillas, que posteriormente se atan

y colectan en fajos grandes (atados), para su evacuación y traslado para ser colocada en el alimentador de la máquina soldadora de mallas.

Las características de la maquina enderezadora de rotor (11) son: barras cortadas a medida hasta el $\varnothing$ 12mm. Accionamiento mediante servomotores eléctricos digitales. Unidad de corte de alta velocidad con motor brushless (inferior a 0,1 seg). Cizalla rotante con medida automática mediante encoder para obtener una productividad mayor ($\pm$ 0.5 mm). Max velocidad de arrastre 160 m/min (530 ft/min). Diámetros alambre 1 $\varnothing$ 4÷12 mm (#3).

- Zona de Almacenamiento de Corte. Una vez cortado, el material es apilado en la zona de almacenamiento de corte (12). La línea de producción continúa en el área de alistamiento de la máquina soldadora de mallas,
- Máquina Soldadora de Malla (18) o Panel (P) a diferentes separaciones o una sola separación, según la cuantía de refuerzo: el equipo de soldadura deberá disponer de un sistema de corte y temporización para suministrar la corriente en el momento y durante el tiempo preciso, aquí las barras longitudinales se trasladan y son ubicadas en el almacén de hilos longitudinales (13) y las barras transversales se trasladan y se colocan en el alimentador de hilos transversales (15). Posteriormente, el operador carga el alimentador de hilos longitudinales (14) con barras longitudinales disponibles en el almacén de hilos longitudinales (13). Al accionar el alimentador, los hilos longitudinales son aproximados al área de soldado (16) donde se unen con los hilos transversales disponibles en el alimentador de hilos transversales (15), para el proceso de soldado.

El trabajo es realizado por soldadoras de punto con múltiples cabezales, accionadas por actuadores neumáticos las cuales realizan el proceso de forma rápida, segura y con muy pocos defectos. Las barras se deben disponer solapadas entre electrodos, que se encargan de aplicar secuencialmente la presión y la corriente correspondiente al ciclo, produciendo uno o varios puntos de soldadura.

La presión requerida es suministrada por un compresor de tornillo y se requiere de un chiller para refrigerar los electrodos. También este tipo de soldadura necesita de un transformador donde la bobina secundaria suministra un voltaje a los electrodos de 1V a 10V y una gran corriente, debido a que generalmente la resistencia de las piezas a soldar es muy baja, por tanto, la corriente que debe pasar por la zona a soldar debe ser del orden de los 500 amperios.

El principio de funcionamiento de este proceso consiste en hacer pasar una corriente eléctrica de gran intensidad a través de los metales que se van a unir. Como en la unión de estos la resistencia es mayor que en el resto de

sus cuerpos, se genera el aumento de la temperatura en la junta, conocida como efecto Joule. Aprovechando esta energía y con una determinada presión se logra la unión.

Las características de la máquina para malla electrosoldada son: instalación para la producción de malla electrosoldada alimentada por barras precortadas. Gama de Ø 3 mm a Ø 12mm. Diámetro alambre longitudinal Ø 3 ÷ 12 mm, Diámetro alambre transversal) Ø 3 ÷ 12 mm. Paso longitudinal 100 mm (4"), Paso transversal 20 mm (3/4"). Ancho panel de malla (mín ÷ máx) 1,25 ÷ 3 m (49"÷118"). Longitud panel de malla (mín ÷ máx) 3 ÷ 6 m (10'÷20'), Soldaduras/min, 120 barras transversales/min. Alimentación longitudinales barras, Alimentación transversales barras

- Extractor de malla o panel (P). Posteriormente, una vez realizada la soldadura de la última barra transversal de la malla, el extractor (17) toma la malla y la desliza fuera del área de soldado sobre la mesa de rodillos del extractor (17).

METODO DE OBTENCION DE MALLAS ELECTROSOLDADAS O PANELES DE ACERO DE REFUERZO DE MUROS ESTRUCTURALES

El método para la obtención de las mallas electrosoldadas en acero laminado en caliente o paneles de refuerzo (P) y muro estructural comprende las siguientes etapas:

Etapas a. Etapa de cálculo o determinación de características del panel de refuerzo (P) y muro. Determinar o calcular las características de diseño del panel de refuerzo (P) y de cada muro. Calcular el panel de refuerzo respetando una separación longitudinal entre barras (s_l) y una separación transversal (s_t) dadas por la cuantía de refuerzo y las siguientes relaciones matemáticas:

$$\rho_t = \frac{A_{st}}{A_c}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{A_c}$$

$$A_c = t \times l$$

$$A_s = n \times A_{sl} = n \times A_{st}$$

$$S_l = \text{entero} \left(\frac{l}{\frac{A_{sl}}{A_t} / S_{Lmín}} \right) \times S_{Lmín}$$

$$S_t = \text{entero} \left(\frac{l}{\frac{A_{st}}{A_t} S_{L\text{mín}}} \right) \times S_{L\text{mín}}$$

Donde:

ρ_t = Cuantía geométrica refuerzo transversal o relación entre área de acero respecto al área bruta de hormigón

ρ_l = Cuantía geométrica refuerzo longitudinal o relación entre área de acero respecto al área bruta de hormigón

A_{st} = sección de acero refuerzo transversal (cm²/m)

A_{sl} = sección de acero refuerzo longitudinal (cm²/m)

A_c = sección bruta de hormigón (cm²)

A_s = sección de acero (cm²)

t = ancho del muro (cm)

l = longitud del muro (cm)

n = número de parrillas

A_t = área sección transversal del acero (cm²)

$S_{L\text{mín}}$ = Separación libre mínima entre barras paralelas de una capa (cm) = 2,5

S_t = Separación transversal entre barras (cm/m)

S_l = Separación longitudinal entre barras (cm/m)

Construir el panel de refuerzo (P) con características que estén entre los siguientes rangos:

Para una cuantía de refuerzo 0,0025 en ambas direcciones el rango de los valores de las diferentes variables sería:

t 10-30 cm

l 100 cm

Numero de parrillas hasta 2

A_{sl} Sección de Acero longitudinal: 2,50 a 3,75 cm²/m

A_{st} Sección de Acero Transversal: 2,50 a 3,75 cm²/m

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) 2W60 7,5 a 15

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) 2W60 7,5 a 15

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) 3W60 17,5 a 37,5

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) 3W60 17,5 a 37,5

Para una cuantía de refuerzo 0,0020 en ambas direcciones el rango de los valores de las diferentes variables serían:

t 10-30 cm

l 100cm

Numero de parrillas hasta 2

A_{sl} Sección de Acero longitudinal: 1,50 a 3,00 cm²/m

A_{st} Sección de Acero Transversal: 1,50 a 3,00 cm²/m

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) #2 10 a 20

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) #2 10 a 20

S_t Separación transversal entre barras (cm/m) 3W60 22,5 a 45

S_l Separación longitudinal entre barras (cm/m) 3W60 22,5 a 45

Etapa b. Desembobinado: colocar horizontalmente carretes con rollos de alambre de acero dúctil laminado en caliente corrugado sobre sus bases giratorias (contrapuntos), las cuales permitan que, al momento de aplicar fuerzas mecánicas de tracción en un extremo del alambre, este pueda desembobinarse libremente sin ningún enredo y con la velocidad que el proceso permita sin ninguna interrupción. La velocidad de arrastre es de 120-160 m/min.

Etapa c. Enderezado: pasar alambre corrugado entre dos rodillos que girando en dirección contraria lo introducen al enderezador, que gira con dados de carburo de tungsteno colocados excéntricamente para cambiarle de dirección al alambre, hasta llegar a otro par de rodillos que lo extraen de dicho enderezador completamente recto, listo para el corte. Potencia de arrastre de 12 hp.

Etapa d. Corte: cortar el alambre enderezado para obtener varilla completamente recta y a la misma longitud.

Etapa e. Embalaje: La máquina al momento del corte cuenta las varillas, que posteriormente se atan y colectan en fajos grandes (atados), para su evacuación y traslado a los alimentadores de la máquina soldadora de mallas.

Etapa f. Alimentación de Material. Cargar manualmente las varillas longitudinales corrugadas al carro de alimentación automático, una a una en cada pinza, cuya cantidad corresponde al número de varillas longitudinales según diseño de la malla. Una vez colocadas todas las varillas, accionar por el operador el interruptor que cierra las pinzas electroneumáticas y automáticamente se inicia el traslado de las varillas, mediante el carro alimentador, hasta el puente de soldadura. Cargar la tolva de alimentación transversal con varillas corrugadas. Dejar caer las varillas por gravedad a un eje provisto de dos platos graduados y de un electroimán. Los platos

cuentan con espacios ajustados automáticamente dependiendo del calibre de la varilla y el espaciamiento. El eje en conjunto con el electroimán y una fotocelda trabajan coordinadamente para depositar varilla por varilla en el puente de soldadura, y allí se posicionan mediante imanes que las sostienen para la soldadura.

Etapa g. Soldadura a diferentes separaciones según la cuantía de refuerzo: soldadura por medio de puntos por resistencia que se basa en presión y temperatura, en el que se calienta una parte de las piezas a soldar por corriente eléctrica a temperaturas próximas a la fusión y se ejerce una presión entre las mismas. Corriente de soldadura Intensidad corriente % 50-100. Tiempo soldadura en periodos 5 – 10. Fuerza de las prensas 4 a 7 Bar de presión. Tiempo de fase 1 – 5 ms. Para la soldadura 2W60 (Todas las separaciones) intensidad de corriente de 60, tiempo de soldadura de 5 y fuerza en las prensas de 4 - 6 bar. Para la soldadura 3W60 (Todas las separaciones) intensidad de corriente de 100, tiempo de soldadura de 10 y fuerza de las prensas de 5 - 7 bar.

La etapa de soldadura se divide en cuatro pasos:

1. Fase de posicionamiento. Es el tiempo invertido entre la primera aplicación de la presión del electrodo y la primera aplicación de la corriente de soldadura. Para soldadura 2W60 (todas las separaciones) tiempo de fase 100 y presión de posicionamiento 4-6 bar. Para soldadura 3W60 (todas las separaciones) tiempo de fase 100 y presión de posicionamiento de 5-7 bar.
2. Fase de soldadura. Es el tiempo durante el cual pasa la corriente eléctrica a través de los electrodos y chapas, mientras se mantiene presión entre ellos. Para soldadura 2W60 (todas las separaciones) tiempo de fase 5 y fuerza de las prensas de soldadura 4-6 bar. Para soldadura 3W60 (todas las separaciones) tiempo de soldadura 10 y fuerza de las prensas soldadura 5-7 bar.
3. Fase de forja o mantenimiento. Cuando se ha alcanzado la temperatura para soldar y el material llega al estado pastoso, se corta el paso de la corriente y se incrementa la presión sobre los electrodos. Para soldadura 2W60 (todas las separaciones) tiempo de fase de forja 100 y presión de apriete 4-6 bar. Para soldadura 3W60 (todas las separaciones) tiempo de fase forja 100 y presión de apriete 5-7 bar.
4. Fase de cadencia o intervalo. Es el tiempo que se emplea en separar los electrodos de las piezas. Para soldadura 2W60 (todas las separaciones) tiempo fase intervalo 100. Para soldadura 3W60 (todas las separaciones) tiempo fase intervalo 100.

Etapa h. Almacenamiento:

1. Embalaje: atar paquetes de 25 a 50 mallas que oscilen entre 750 y 1000kg.
2. Evacuación: transportar por medio de puente-grúas hasta la bodega de producto terminado y se almacenan por tarimas hasta de 12 paquetes (600 mallas).

Etapa i. Ensayos de Propiedades Mecánicas. Realizar los ensayos mecánicos de tracción, corte en la soldadura y doblado:

1. Ensayo de tracción en el acero: medir la resistencia del acero sometiendo a una fuerza estática aplicada lentamente, ejerciendo una fuerza de tensión gradual hasta producir la rotura de la varilla. Determinar las propiedades del material como: límite de fluencia (f_y), resistencia a la tracción y alargamiento. Hallar el límite de fluencia (f_y) por desplazamiento donde la pendiente inicial de la curva esfuerzo deformación se desplaza por una deformación del 0,35%.
2. Ensayos de corte en la soldadura: medir la resistencia del acero cuando es sometido a una carga estática aplicada perpendicularmente al plano de las mallas, tendiente a separar las barras, sin desprendimientos aparentes en las intersecciones de éstas. El requisito en N es equivalente a $0.5 \times f_y \times A_n$, donde el esfuerzo de fluencia $f_y = 420\text{MPa}$ y A_n es el área nominal. En la siguiente tabla se presenta el valor en N correspondiente a barra corrugada 1/4" o 6,35mm con área nominal $A_n = 31,669\text{mm}^2$.

Propiedad	Diámetro Pulg (mm)	N
Esfuerzo cortante mínimo en la soldadura	1/4" (6,35mm)	6650,49

3. Ensayo de doblamiento: realizar un doblez con un ángulo mínimo de doblado de 180°. Tras el ensayo, los productos no pueden presentar roturas o fisuras apreciables a simple vista. El diámetro del mandril no puede ser mayor a los indicados en la siguiente tabla:

Designación	Diámetro del mandril ¹	
	Ensayo	NSR10 ²
2 a 5 (6M a 12M)	3d	6d
6 a 8	4d	6d
10	6d	8d

¹ (d) Diámetro nominal

² Requisito constructivo según Reglamento de construcciones sismorresistentes NSR-10 (C.7.2)

Etapa j. Instalación en obra. Si el refuerzo se ha diseñado con varias parrillas conformando el armado del muro de concreto reforzado, amarrar a los salientes de parrilla piso a piso del piso anterior (5) y a los salientes de las parrillas adyacentes (6), formando superposiciones o traslapes entre ellas. Realizar los amarres con alambre de acero negro recocido calibre 17, en cantidad y forma para afirmar y asegurar las parrillas en su colocación. Adicional, colocar el número de barras de refuerzo corrugadas (7) especificadas, conformando los elementos de borde (8), para confinar el muro (figura 2).