

# ANÁLISIS COMPARATIVO LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BARRAS DE ACERO CORRUGADO PERUANO Y BRASILEIRO

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF PERUVIAN AND BRAZILIAN CORRUGATED STEEL BARS

MEDRANO ARANCIBIA J., NIEVES CONDE P. J.

### RESUMEN

Los aceros corrugados de construcción desempeñan un papel fundamental en la creación de estructuras de hormigón armado, ya que proporcionan refuerzo y resistencia adicional al material. La calidad de estos aceros puede variar dependiendo de su procedencia. Se compararon dos de acero corrugado de construcción de diferente procedencia para determinar cuál de ellos presenta mejores propiedades en términos de torción, resistencia y adherencia, considerando su uso en hormigón armado. Se seleccionaron muestras de acero corrugado, provenientes de Brasil y Perú. Se realizaron por triplicado, de estos aceros de diferentes diámetros, pruebas de Tracción, Límite de Fluencia, Resistencia a la tracción, ductilidad, ensayos de campo de doblado simple a 90°, 180° y a cola de cochinin, Ensayo de tracción a soldadura, ensayo tracción de adherencia. En los ensayos, se observó que el acero corrugado brasilero tiene mayor Límite de Fluencia y Resistencia a la tracción en la mayoría de los diámetros analizados. El acero corrugado peruano tiene mayor Ductilidad en algunos. Los aceros corrugados de ambas procedencias y en todos sus diámetros no presentaron fisuras en las pruebas de campo. El acero corrugado brasilero técnicamente lleva ventaja al acero corrugado peruano y, cabe recalcar que es una ventaja mínima que puede variar dependiendo la barra de acero corrugado, ya que en distintos lotes de fabricación se puede obtener distintos resultados ya sea lo más mínimo posible puede haber diferencias entre ambas. Es importante destacar que ambos tipos de acero corrugado cumplen con las normas nacionales establecidas para este tipo de producto. Estas normas garantizan la calidad y el cumplimiento de requisitos específicos. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que el Acero brasilero, exhibe mejores propiedades en términos de tracción y resistencia en comparación con el Acero peruano, lo cual lo convierte en una opción más favorable para su uso en hormigón armado.

### ABSTRACT

Construction corrugated steels play a fundamental role in the creation of reinforced concrete structures, as they provide additional reinforcement and resistance to the material. The quality of these steels can vary depending on their origin. Two corrugated construction steel from different sources were compared to determine which of them presents better properties in terms of torsion, resistance and adherence, considering its use in reinforced concrete. Corrugated steel samples from Brazil and Peru were selected. Tensile tests, yield strength, tensile strength, ductility, simple bending field tests at 90°, 180° and pigtail, tensile weld test, tensile test were performed in triplicate on these steels of different diameters. of adherence. In the tests, it was observed that the Brazilian corrugated steel has a higher Yield Limit and Tensile Strength in most of the diameters analyzed. Peruvian corrugated steel has greater Ductility in some Corrugated steels from both sources and in all their diameters did not show cracks in field tests. Brazilian corrugated steel technically has an advantage over Peruvian corrugated steel and, it should be noted that it is a minimal advantage that can vary depending on the corrugated steel bar, since in different manufacturing batches different results can be obtained, whether as minimal as possible, there may be differences between the two. It is important to note that both types of corrugated steel comply with the national standards established for this type of product. These standards guarantee quality and compliance with specific requirements. Based on the results obtained, it can be concluded that Brazilian steel exhibits better properties in terms of traction and resistance compared to Peruvian steel, which makes it a more favorable option for use in reinforced concrete.

### PALABRAS CLAVE

Aceros corrugados de construcción  
Tracción  
Resistencia  
Ductilidad  
Adherencia

### KEYWORDS

Fortified alcoholic beverages,  
Aging vats,  
Medicinal plants,  
Bitter type drink.

## INTRODUCCIÓN

**E**l acero es uno de los principales materiales en el área de la construcción y debe tener las mejores características para que pueda resistir las diversas solicitaciones que se presentan en la estructura. Hoy en día se cuenta con una gran variedad de productos de diferentes fabricaciones, origen, composición química, dimensiones nominales, estos factores pueden incidir en la fase de construcción porque alguno de los aceros corrugados tiene un alto contenido de carbono reduciendo la ductilidad del producto. Ante estos efectos se debe realizar una serie de ensayos con el fin de calificar y cuantificar cuál de ellos es mejor ante las solicitaciones expuestas.

Las barras de acero corrugado son de sección redonda con superficie estriada, o con resaltes, para facilitar su adherencia al concreto al utilizarse en la industria de la construcción.

Se fabrican cumpliendo estrictamente las especificaciones que señalan el límite de fluencia, resistencia a la tracción y su alargamiento, Las especificaciones señalan también las dimensiones y tolerancias, Se les conoce como barras para la construcción, barras corrugadas, acero corrugado, fierros de construcción (fierros resistentes) o fierro corrugado,

Las barras para construcción se identifican por su diámetro, que puede ser en pulgadas o milímetros, Las longitudes usuales son de 9 y 12 metros de largo, Las más comerciables en Bolivia son la de 12 metros de largo,

Tipos de corrugación:

Las corrugas dan información sobre la calidad, la procedencia y el fabricante del acero, La identificación se realiza mediante los cambios en la geometría de las corrugas.

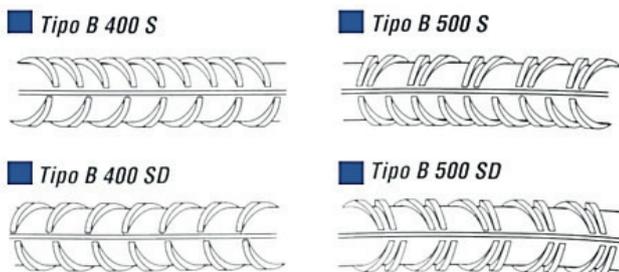


Figura 1, Tipos de corrugación Fuente: Ferros la Pobla  
Donde: B = Acero para hormigón D = Límite elástico garantizado en N/mm<sup>2</sup> S = Acero con características de soldabilidad,

**B 400 S** Las corrugas presentan la misma inclinación, pero con separaciones diferentes en cada uno de los sectores de la barra.

**B 500 S** Las corrugas de uno de los sectores tienen la misma inclinación y están uniformemente separadas, Las del otro sector, están agrupadas en dos series de igual separación, pero distinta inclinación.

**B 400 SD** Todas las corrugas tienen la misma separación e inclinación en ambas caras.

**B 500 SD** Las corrugas agrupadas en dos series de igual separación en diferente inclinación.

## DESARROLLO

En la tabla 1, se indican las dimensiones y pesos nominales declarados por los fabricantes de acero corrugado para construcción.

Tabla 1, Dimensiones y pesos nominales de Barras De Acero Corrugado

diámetro, mm	Peruano			Brasileiro		
	Sección nominal, mm <sup>2</sup>	Perímetro nominal, mm	peso nominal, kg/m	Sección nominal, mm <sup>2</sup>	Perímetro nominal, mm	peso nominal, kg/m
6	28,3	18,8	0,207	28,3	18,8	0,222
8	0,3	25,1	0,371	50,3	25,1	0,395
9,5	70,9	29,8	0,526	70,9	29,8	0,560
12	113	37,7	0,835	113,1	37,7	0,888
16	201	50,3	1,459	201,1	50,3	1,578
20	314	62,8	2,101	314,2	62,8	2,46

En la tabla 2 se muestra la composición química de los aceros corrugados.

Tabla 2, Composición química en porcentaje Barras De Acero Corrugado

Elemento	Peruano	Brasileiro
C	0,25	0,25
P	0,03	0,05
S	0,03	0,05
N	0,013	0,011
Mn	0,96	1,7
Si	0,21	0,6
Cr	1,11	1,5
Al	0,03	0,65

La tabla 3, expone las propiedades mecánicas que deben poseer las barras de acero corrugado de construcción según la NB732.

Tabla 3, Propiedades mecánicas mínimas de Barras de Acero Corrugado,

Propiedad	Peruano	Brasileiro	NB 732
Límite de Fluencia, F <sub>y</sub> , MPa	500	500	500
Resistencia a la Tracción, R, MPa	600	600	600
Relación R/f <sub>y</sub>	1,20	1,20	1,20
Ductilidad, %	8	8	8
Flexión ha doblado a 180 °	Bueno, exento de fisuras	Bueno, exento de fisuras	

Nota: Según la norma, para conversiones se puede utilizar la equivalencia 1MPa = 0,1 kg/mm<sup>2</sup>.

Los ensayos de Tracción se realizaron según la Norma ASTM A370 de flexión norma ASTM E290, El límite de fluencia, o resistencia límite de fluencia de un material, se define como la tensión existente en la sección de una probeta normalizada de dicho material, sometida a un ensayo de tracción o a un ensayo de compresión, en el instante en que se inicia la fluencia o deformación plástica del mismo.

La resistencia a la tracción, también resistencia a rotura, es

un valor característico para evaluar el comportamiento de resistencia, Se define como el esfuerzo de tracción máximo, con el que se puede someter a carga una probeta, Si se supera la resistencia a la tracción, se produce la rotura del material:

La absorción de fuerzas disminuye hasta que la probeta de material, finalmente, se rompe. Sin embargo, antes de alcanzar la resistencia a la tracción, el material empieza a experimentar una deformación plástica, a saber, permanente, Ductilidad el acero se refiere a la capacidad del material para deformarse bajo el efecto de carga sin romperse. En este punto se ha sobrepasado el límite elástico del material.



Figura 1, Muestrario de varillas después de las pruebas de tracción

En la tabla 4, se registran los resultados de las diferentes propiedades mecánicas de los aceros corrugados.

Tabla 4, Resultados de las pruebas de las propiedades mecánicas de los aceros corrugados

Procedencia	Diámetro, mm	Resistencia a la tracción, MPa	Punto de fluencia, MPa	Relación $f_s/f_y$ , %	Ductilidad, %	Reducción de área, %	Tenacidad, MPa·mm	Modulo Elástico, MPa
Brasilero	6	635	556	1,15	9,3	51,8	4,4	214260
	8	633	533	1,43	9,8	47,2	4,7	213056
	9,5	714	606	1,21	11,8	47,7	5,4	202159
	12	769	625	1,23	11,6	37,4	5,7	208392
	16	726	581	1,25	14,2	35,8	7,6	203280
20	698	546	1,28	13,7	25,1	9,4	204936	
Peruano	6	683	564	1,23	7,7	35,1	4,7	204413
	8	651	546	1,19	9,7	31,7	5,1	218229
	9,5	706	574	1,23	14,2	50,6	7,7	216946
	12	696	556	1,25	14,8	48,4	6,7	204143
	16	729	556	1,27	14,5	28,9	8,1	207240
20	733	569	1,29	16,0	37,9	10,1	205612	

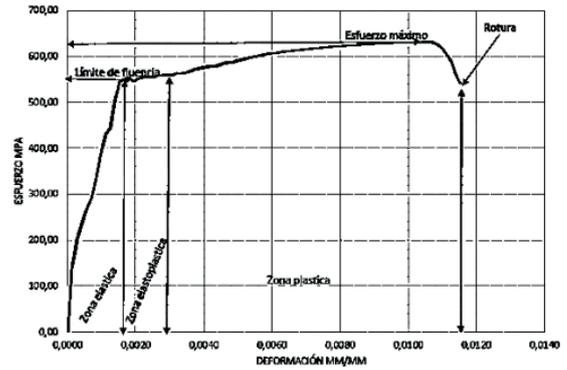


Figura 2, Gráfica de las pruebas de esfuerzo y deformación

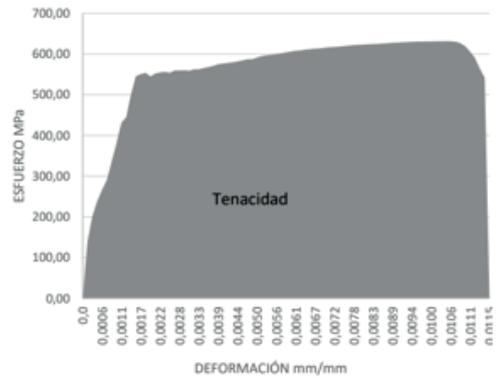


Figura 3, Gráfica de las pruebas de tenacidad,

Para el ensayo de tracción claramente se observa que ambos aceros corrugados son fabricados cumpliendo la NB 732-500S, obteniendo resultados de límite de fluencia, resistencia a la tracción y ductilidad.

Se observó que el acero corrugado brasilero tiene mayor Límite de Fluencia en los diámetros 6, 9,5, 12 y 16 mm, mientras que el acero corrugado peruano tiene mayor Límite de Fluencia en los diámetros 8 y 20 mm.

El corrugado brasilero tiene mayor resistencia a la tracción en los diámetros 8, 9,5 y 12 mm, Mientras que el acero corrugado peruano tiene mayor resistencia a la tracción en los diámetros 6, 16 y 20 mm.

El acero corrugado peruano tiene mayor ductilidad en los diámetros 9,5, 12, 16 y 20 mm, mientras que el acero corrugado brasilero tiene mayor ductilidad en los diámetros 6 y 8 mm.

Entre el acero corrugado peruano y brasilero, el acero corrugado brasilero lleva una ventaja mínima que puede variar dependiendo de la barra de acero corrugado, ya que en distintos lotes de fabricación se pueden obtener distintos resultados, aunque sean mínimas, puede haber diferencias entre ambas.

Los ensayos de campo de doblado simple se produjeron a 90°, 180° y a cola de cochinito.

Para los ensayos de campo de doblado simple a 90 y 180° se utilizaron muestras de 500 mm aproximadamente de longitud, mientras que para la prueba de cola de cochinito fueron de 800 mm para cada diámetro.



Figura 4, Muestrario de varillas después de las pruebas de campo

Ninguno de los aceros corrugados de ambas procedencias y en todos sus diámetros presentaron fisuras.

**Ensayo de tracción a soldadura**

Se utilizaron dos varillas de acero de diámetro de 16 mm con una longitud de 30 cm, realizando un empalme soldable de 10 cm de longitud, utilizando electrodo de marca Conarco, grosor E 60-13.

En la tabla 5, se indican los resultados del ensayo de tracción a la soldadura.

Tabla 5, Ensayo de tracción a soldadura

	Brasilero		Peruano	
Fs, Mpa	1,25*Fy, Mpa	Fs, Mpa	1,25*Fy, Mpa	
683,1	625	632,04	625	

En el ensayo de soldadura los aceros de ambas procedencias cumplieron con lo indicado,  $\geq 1,25 * F_y$ , según las fichas técnicas de los fabricantes.

Claramente se puede observar que en el acero brasilero se necesitó emplear más fuerza para llegar a su punto de ruptura, Ensayos de adherencia.

Los ensayos de adherencia se realizaron considerando un volumen de 1 m<sup>3</sup>.

Tabla 6, Ensayo a tracción de adherencia

Brasilero				Peruano			
Fs, kg	$\mu$ , kg/cm <sup>2</sup>	As, cm <sup>2</sup>	Ld, cm	Fs, kg	$\mu$ , kg/cm <sup>2</sup>	As, cm <sup>2</sup>	Ld, cm
6000	159,15	1,2	62,74	5100	135,28	1,02	62,74

Para el ensayo de adherencia, el acero corrugado brasilero obtuvo mayor fuerza de adherencia que el acero corrugado peruano, La adherencia entre ambos aceros es buena, ambos tienen una excelente adherencia, pero el acero corrugado brasilero fue superior.

**CONCLUSIONES**

A partir de los resultados de los ensayos realizados, el acero corrugado brasilero tiene ventaja técnica sobre el acero corrugado peruano, mostrando una mejor resistencia a la tracción y un mejor límite de fluencia, a pesar que el acero corrugado peruano tiene mayor ductilidad, Se concluye que el acero corrugado brasilero tiene mejor resistencia a la soldabilidad y adherencia al hormigón.

**REFERENCIAS**

AREQUIPA, A. (2019). CARACTERISTICAS DE ACEROS AREQUIPA. SANTA CRUZ DE LA SIERRA: ACEROS AREQUIPA.  
 AREQUIPA, A. (2020). ESTUDIOS GENERALES. SANTA CRUZ DE LA SIERRA: AR CEROS AREQUIPA.  
 GBDS, G. B. (2018). ING. MSC ROLANDO GRANDI GOMEZ (VOL. V3.0). LA PAZ, BOLIVIA.  
 GUÍA BOLIVIANA DE DISEÑO SÍSMICO. (2020). LA PAZ, BOLIVIA.  
 MITTAL, A. (2022). ESTUDIOS GENERALES. SANTA CRUZ DE LA SIERRA: ARCELOR MITTAL.  
 POBLA., F. L. (2021). TIPOS DE ACERO CORRUGADO.

CITA

