

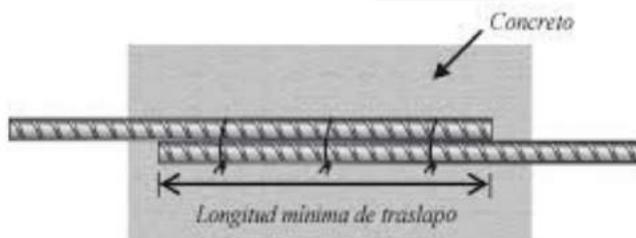
Anclaje y Adherencia

Tipos de empalmes y anclajes

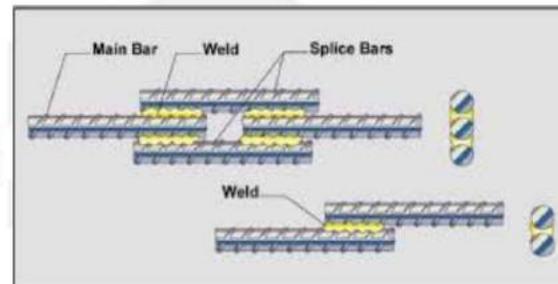
Empalmes de varillas

El limitante de la longitud de varillas de refuerzo que se comercializan imposibilita usarlas generalmente sin que sea necesario unir las a otras varillas para dar continuidad al refuerzo. La unión de varillas (empalmes) debe garantizar una adecuada transmisión de esfuerzos, principalmente de tracción y compresión.

La discontinuidad del acero de refuerzo puede atentar contra la capacidad resistente de la estructura, por lo que se requeriría de algún mecanismo de transferencia de los esfuerzos de una varilla hacia la varilla de continuidad geométrica. En caso de ser necesaria esa transferencia, se puede recurrir a varillas traslapadas, varillas soldadas o dispositivos mecánicos de continuidad.



Tralape de varillas



Varillas soldadas



Conectores

Tipos de empalmes y anclajes

Empalmes de varillas

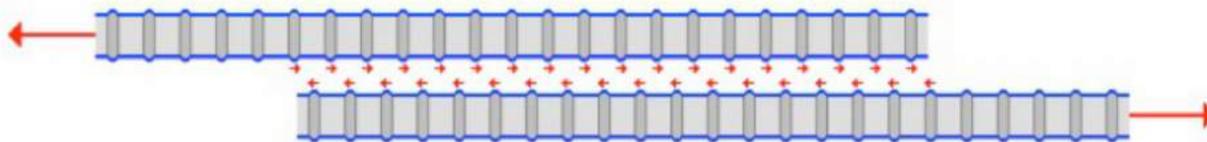
* Para la realización de uniones soldadas, por otra parte, se debe verificar que el tipo de acero constitutivo de las varillas admita este tipo de procesos (existen aceros que se vuelven frágiles luego de un proceso de soldado, y existen otros tipos de aceros cuyas características mecánicas no se ven afectadas con la soldadura), y se deberá realizar un diseño y control de calidad de las soldaduras. Generalmente se utilizan pedazos del mismo diámetro de varilla que se sueldan, en el extremo coincidente de las 2 varillas para lograr la continuidad [ACI 12.14.3]. Los empalmes soldados deben desarrollar al menos un 25% más que el esfuerzo de fluencia de las barras y deberán cumplir con las especificaciones del Structural Welding Code – Reinforcing Steel [ANSI/AWS D1.4].

*Las uniones mecánicas de manguitos enroscables, por último, son muy utilizadas en países del primer mundo, pero prácticamente no se los emplea en nuestro país por su costo elevado. Por tener rosca interior en los 2 extremos que deben unirse, requieren que las varillas a integrar sean roscadas en los extremos de unión, lo que se lo puede hacer en obra o se puede adquirir en fábrica [ACI 12.14.3].

Tipos de empalmes y anclajes

Traslape de varillas

El traslape de varillas es el mecanismo de empalme de mayor uso en nuestro medio. En principio las 2 varillas deben cruzarse una longitud apropiada para que el acero transmita esfuerzos al hormigón por adherencia, y este último los restituya a la otra varilla, sin acumular esfuerzos elevados de tracción en el hormigón, pues estos últimos provocarían una fisuración extensa, con sus consecuencias indeseables.



Longitud de desarrollo

Ld es la longitud que se requiere embeber a una varilla de acero dentro del hormigón, para alcanzar los esfuerzos especificados en el diseño (generalmente F_y).

La longitud de desarrollo se ve influenciada por los siguientes factores:

- **Esfuerzo de Fluencia:** Mientras mayor sea el esfuerzo de fluencia, se requerirá proporcionalmente una mayor longitud de desarrollo.
- **Sección Transversal:** Cuanto mayor sea la sección transversal de la varilla, desarrollará una mayor fuerza, y se necesitará proporcionalmente una mayor longitud de desarrollo.
- **Perímetro de la Varilla:** Mientras mayor sea el perímetro de la varilla, existirá una mayor superficie de hormigón en la que se desarrolle adherencia, por lo que se requerirá proporcionalidad inversa con la longitud de desarrollo.
- **Resistencia del Hormigón:** Cuanto mayor sea la resistencia a tracción del hormigón se podrán desarrollar esfuerzos más altos de adherencia, por lo que existirá proporcionalidad inversa con la longitud de desarrollo.

Longitud de desarrollo a tracción

De acuerdo al ACI 318-08 la longitud de desarrollo a tracción “ l_d ” se calcula de acuerdo a las siguientes consideraciones, no puede ser menor de 300 mm:

12.2.2 — Para barras corrugadas o alambres corrugados, l_d debe ser:

Espaciamiento y recubrimiento	Barras No. 19 o menores y alambres corrugados	Barras No. 22 y mayores
Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que d_b , recubrimiento libre no menor que d_b , y estribos a lo largo de l_d no menos que el mínimo del Reglamento o espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no menor a $2d_b$ y recubrimiento libre no menor a d_b	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Otros casos	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

ψ_t es el factor tradicional de ubicación del refuerzo, que refleja los efectos adversos de la posición de las barras de la parte superior de la sección con respecto a la altura de concreto fresco colocado debajo de ellas. ψ_e es un factor de revestimiento, que refleja los efectos del revestimiento epóxico. Existe un límite para el producto $\psi_t \psi_e$. El factor ψ_s depende del tamaño del refuerzo, que refleja el comportamiento más favorable del refuerzo de menor diámetro.

Longitud de desarrollo a tracción

12.2.4 — Los factores a usar en las expresiones para la longitud de desarrollo de barras y alambres corrugados en tracción en 12.2 son los siguientes:

(a) Cuando para el refuerzo horizontal se colocan más 300 mm de concreto fresco debajo de la longitud de desarrollo o un empalme, $\psi_t = 1.3$. Otras situaciones $\psi_t = 1.0$.

(b) Barras o alambres con recubrimiento epóxico con menos de $3d_b$ de recubrimiento, o separación libre menor de $6d_b$, $\psi_e = 1.5$. Para todas las otras barras o alambres con recubrimiento epóxico, $\psi_e = 1.2$. Refuerzo sin recubrimiento y refuerzo recubierto con cinc (galvanizado), $\psi_e = 1.0$.

No obstante, el producto $\psi_t\psi_e$ no necesita ser mayor de 1.7.

(c) Para barras No. 19 o menores y alambres corrugados, $\psi_s = 0.8$. Para barras No. 22 y mayores, $\psi_s = 1.0$.

(d) Donde se use concreto liviano, λ no debe exceder de 0.75 a menos que se especifique f_{ct} (véase 8.6.1). Donde se use concreto de peso normal, $\lambda = 1.0$.

Longitud de desarrollo a tracción

Ejemplo de cálculo de longitud de desarrollo a tracción:

Se pueden construir fácilmente expresiones simples y útiles. Por ejemplo, en todas las estructuras con concreto de peso normal ($\lambda = 1.0$), refuerzo sin revestimiento ($\psi_e = 1.0$), barras ϕ 22 o mayores localizadas en la parte inferior de la sección ($\psi_t = 1.0$) con $f'_c = 28$ MPa y acero Grado 420 ($f_y = 4200$ kg/cm²), las ecuaciones se reducen a:

$$l_{dt} = \frac{(420)(1.0)(1.0)}{1.7(1.0)\sqrt{28}} d_b = 47d_b$$

$$l_{dt} = \frac{(420)(1.0)(1.0)}{1.1(1.0)\sqrt{28}} d_b = 72d_b$$

Para los factores de ψ y λ , referirse al literal 12.2.4 de ACI 318-08.

Longitud de desarrollo a compresión

La longitud de desarrollo para barras corrugadas y alambre a compresión “ L_{dc} ” se debe calcular a partir de 12.3.2 (ACI) y de los factores de modificación de 12.3.3, pero (L_{dc} no debe ser menor de 200 mm).

- Para las barras corrugadas y alambres corrugados, L_{dc} debe tomarse como el mayor entre: 20 cm, $(0.24f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) d_b$ y $(0.043f_y) d_b$

12.3.3 — Se permite multiplicar la longitud ℓ_{dc} en 12.3.2 por los siguientes factores:

- a) El refuerzo excede lo requerido por el análisis $(A_s \text{ requerido}) / (A_s \text{ proporcionado})$
- b) El refuerzo está confinado por una espiral cuya barra tiene un diámetro no menor de 6 mm y no más que 100 mm de paso o dentro de estribos No. 13 de acuerdo con 7.10.5, y espaciadas a distancias no mayores que 100 mm medidos entre centros 0.75

Longitud de desarrollo en paquetes de varillas

- Cuando se forman paquetes de tres o cuatro barras, es necesario aumentar la longitud de desarrollo de las barras individuales. La extensión adicional es necesaria debido a que el agrupamiento hace más difícil generar resistencia de adherencia en el "núcleo" entre las barras.
- La longitud de desarrollo de cada barra individual dentro de un paquete de barras sometido a tracción o a compresión, debe ser aquella de la barra individual aumentada un 20 por ciento para un paquete de 3 barras y en un 33 por ciento para un paquete de 4 barras.

Empalmes por traslapo

Empalmes por traslapo a tracción

La longitud mínima del empalme por traslapo en tracción “*Let*” debe ser la requerida para empalmes por traslapo Clases A o B, pero no menor que 300 mm, donde:

Let = Empalme por traslapo Clase A = 1.0 *Ldt*

Let = Empalme por traslapo Clase B = 1.3 *Ldt*

TABLA R12.15.2 — EMPALMES POR TRASLAPLO EN TRACCIÓN

$\frac{A_s \text{ proporcionado}^*}{A_s \text{ requerido}}$	Porcentaje máximo de A_s empalmado en la longitud requerida para dicho empalme	
	50	100
Igual o mayor que 2	Clase A	Clase B
Menor que 2	Clase B	Clase B

* Relación entre el área de refuerzo proporcionado y la requerida por cálculo en la zona de empalme

Empalmes por traslapo

Empalmes por traslapo a tracción

Cuando se empalman por traslapo barras de diferente diámetro en tracción, la longitud del empalme por traslapo debe ser la mayor de Ld de la barra de tamaño mayor y el valor de la longitud del empalme en tracción de la barra de diámetro menor.

Empalmes por traslapo

Empalmes por traslapo a compresión

La longitud de un empalme por traslapo en compresión “*Lec*” debe ser de **(0.071 $f_y db$)**, para f_y igual a 420 MPa o menor, o **(0.13 f_y -24)db** para f_y mayor que 420 MPa, pero en ningún caso puede ser menor que 300 mm. Para f_c' menor que 21 MPa, la longitud del empalme por traslapo debe incrementarse en 1/3.

Para calcular la longitud de empalmes por traslapo del acero transversal en espiral de columnas zunchadas se deben seguir las recomendaciones especificadas en el ACI. En ningún caso podrá ser menos a 300 mm.

Cuando se empalman por traslapo barras de diferente diámetro en compresión, la longitud del empalme por traslapo debe ser la mayor de L_d de la barra de tamaño mayor y el valor de la longitud del empalme en compresión de la barra de diámetro menor.

Ganchos y dobleces

A partir del sitio en que la barra de acero alcanza su esfuerzo máximo, se debe desarrollar un mecanismo de anclaje en el hormigón para asegurar su funcionamiento adecuado [ACI 12.1]. Las alternativas utilizadas son:

- Anclaje por desarrollo de la longitud de la varilla dentro del hormigón (por longitud de desarrollo).
- Ganchos de anclaje dentro del hormigón en el extremo de la varilla (por ganchos o dobleces)
- Anclaje mecánico de la varilla a través de dispositivos especiales (anclajes mecánicos).

.

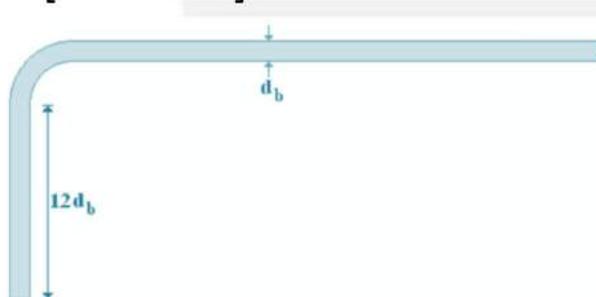
Ganchos y dobleces

Los ganchos y dobleces solamente se considerarán efectivos en varillas de tracción [ACI 12.1]. De acuerdo al ACI 7.1, la expresión “gancho normalizado” tiene uno de los siguientes significados:

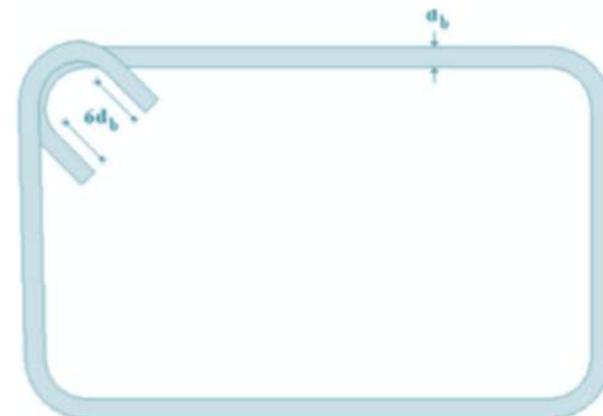
Dobleces de 180° más una extensión de **4db**, pero no menos de 6.5 cm en el extremo libre de la varilla [ACI 7.1.1].



Dobleces de 90° más una extensión de **12db** en el extremo libre de la varilla [ACI 7.1.2].



En varillas de 25 mm y menores, dobleces de 135° más una extensión de **6db** en el extremo libre de la varilla. El diámetro interior de dobleces de estribos y anillos con diámetro entre 8 mm y 16mm no debe ser menor de **6db** [ACI 7.2].



Ganchos y dobleces

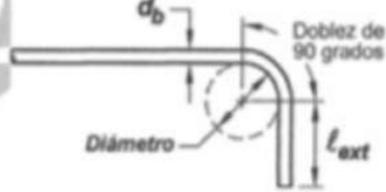
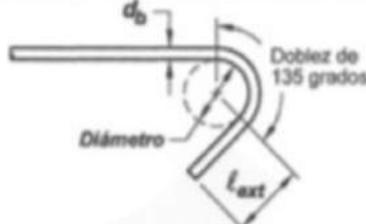
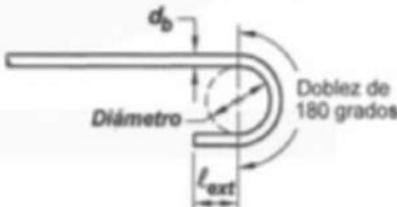
Tabla 25.3.1 — Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta ¹⁾ ℓ_{ext} , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
	No. 29 a No. 36	$8d_b$		
	No. 43 y No. 57	$10d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 25	$6d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 29 a No. 36	$8d_b$		
	No. 43 y No. 57	$10d_b$		

¹⁾ El gancho estándar para las barras corrugadas en tracción incluye el diámetro interior específico del doblado y el largo de la extensión recta. Se permite usar una extensión recta más larga en el extremo del gancho. No se considera que esta extensión aumente la resistencia de anclaje del gancho.

Ganchos y dobleces

Tabla 25.3.2 — Diámetro mínimo interior de doblado y geometría del gancho estándar para estribos, amarras y estribos cerrados de confinamiento

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta ⁽¹⁾ l_{ext} , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
Gancho de 135 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		

⁽¹⁾ El gancho estándar para estribos y estribos cerrados de confinamiento incluye el diámetro interior del doblado específico y el largo de la extensión recta. Se permite usar una extensión recta más larga en el extremo del gancho. No se considera que esta extensión aumente la resistencia de anclaje del gancho.

Estudios de casos

El estudiante deberá investigar las ubicaciones de los empalmes por traslapo de varillas en vigas y columnas, que cumplan con las especificaciones de la NEC. Es necesario incluir en la consulta esquemas y diagramas elaborados por el estudiante.

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

Desde esta diapositiva en adelante, se indican los temas del Trabajo Autónomo del primer parcial (T1P1)

Definiciones y conceptos de términos de la NEC:

- Diseño por última resistencia
- Cargas permanentes (carga muerta)
- Carga viva
- Carga mayorada
- Conexión
- Gancho estándar
- Gancho sísmico
- Hormigón de peso normal
- Pórtico resistente a momento
- Refuerzo en espiral
- Refuerzo transversal
- Región confinada
- Región de articulación plástica
- Resistencia a la fluencia
- Resistencia de diseño
- Resistencia especificada a la compresión del hormigón
- Resistencia nominal
- Resistencia requerida
- Rótula plástica
- Zonas disipativas
- Altura de piso
- Conexión dúctil
- Conexión fuerte
- Base de la estructura
- Ductilidad global
- Ductilidad local
- Histéresis
- Estructura disipativa
- Estructuras esenciales
- Método de diseño por capacidad
- Pórtico especial sismo resistente
- Pórtico especial sismo resistente con vigas banda
- Hormigón liviano
- Módulo de elasticidad
- Cortante basal de diseño
- Cortante de Piso
- Capacidad de Disipación de energía.

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Método de diseño sísmico (NEC)
- Especificación de resistencia a la compresión cuando se dispone de datos históricos de producción (NEC)
- Especificación de resistencia a la compresión cuando no se dispone de datos estadísticos (NEC)
- Resistencia a la fluencia (NEC)
- Cálculo del módulo de elasticidad (NEC y ACI)
- Factores de reducción de resistencia (NEC)
- Combinaciones de carga (NEC y ACI)
- Recubrimientos mínimos en elementos de concreto reforzado establecidos para una construcción normal de concreto armado fundido in-situ – (NEC)
- ¿Qué pasa con el recubrimiento de un elemento de concreto sometido a ambientes corrosivos? (ACI)
- Propiedades mecánicas principales del acero de refuerzo. (NEC)
- Colocación del acero de refuerzo. (NEC)
- Hipótesis de diseño de elementos sometidos a cargas axiales, de flexión y flexo-compresión. (NEC)
- Requisitos para elementos en flexión. (NEC)
- Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento (ACI)
- Diseño por flexión (NEC).
- Distancia entre los apoyos laterales (NEC - ACI)
- Razón del refuerzo máximo en elementos sometidos a flexión. (NEC)
- Refuerzo longitudinal mínimo en elementos sometidos a flexión. (NEC)

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Control de deflexiones (ACI literal 9.5 – solo las tablas 9.5a y 9.5b)
- Estribos para confinamiento en vigas, requisitos generales, ubicación de los estribos por confinamiento. Esquema de una viga con sus estribos en función de los requisitos y ubicación (NEC)
- Diseño de resistencia al cortante (NEC)
- Resistencia al cortante proporcionada por el hormigón en elementos no preesforzados y por el refuerzo de cortante – (NEC)
- Elementos de pórtico (Resistencia a cortante de elementos en flexión) – (NEC)
- Refuerzo transversal - (NEC 5.2.3)
- Inercias agrietadas. (NEC)

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- ¿Por qué los factores de las combinaciones de carga en unos casos aumentan las cargas y en otros las disminuyen?
- ¿Cuales son las razones que se manifiestan en el ACI para que los factores de las combinaciones tengan valores diferentes?
- Según el ACI, ¿cuales son los cuatro propósitos para usar el factor de reducción de resistencia ϕ ?, en otras palabras, ¿por que se usa el factor ϕ según el ACI?

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Completar la siguiente TABLA:

Tabla de comparación y equivalencia entre los diámetros de las barras de la nomenclatura del sistema ingles vs. las barras en la nomenclatura del Ecuador.

Nota: la nomenclatura de las barras del sistema ingles no es la nomenclatura del ACI.

Varillas corrugadas (Nomenclatura Sistema Ingles)			Varillas corrugadas (Nomenclatura Ecuador)		
Denominación de la barra	Diámetro en pulgadas	Diámetro equivalente en milímetros	Denominación de la barra	Diámetro en milímetros	Diámetro equivalente en pulgadas
No. #					
No. #					

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Longitudes de Desarrollo a Tracción (ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes de desarrollo de varillas corrugadas sometidas a tracción, para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia: GRUPO 1: $f'c = 21$ MPa, GRUPO 2: $f'c = 24$ MPa, GRUPO 3: $f'c = 26$ MPa, GRUPO 4: $f'c = 28$ MPa, y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros de varillas que se comercializan en Ecuador. (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo). A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes.

Diámetro "db"	$f'c$	f_y	Para el acero inferior		Para el acero superior con un espesor de Ho por debajo mayor a 30 cm	
			longitud de desarrollo l_{dt} (en función del diámetro)	longitud de desarrollo l_{dt} (cm)	longitud de desarrollo l_{dt} (en función del diámetro)	longitud de desarrollo l_{dt} (cm)
...	ejemplo (25.0387 db)	ejemplo (50 cm)		

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Longitudes de Desarrollo a Compresión (ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes de desarrollo de varillas corrugadas sometidas a compresión, para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia: GRUPO 1: $f'c = 21$ MPa, GRUPO 2: $f'c = 24$ MPa, GRUPO 3: $f'c = 26$ MPa, GRUPO 4: $f'c = 28$ MPa, y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros de varillas que se comercializan en Ecuador. (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo). A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes.

Diámetro "db"	$f'c$	f_y	longitud de desarrollo l_{dc} (en función del diámetro)	longitud de desarrollo l_{dc} (cm)
...	ejemplo (25.0387 db)	ejemplo (50 cm)

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

El estudiante deberá investigar las ubicaciones de los empalmes por traslape de varillas en vigas y columnas, que cumplan con las especificaciones de la NEC. Copiar la información consultada de la NEC y sus referencias. Es necesario incluir en la consulta un detalle estructural elaborado por el estudiante de una columna y de una viga y ubicar las zonas de los empalmes por traslape.

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes mínimas de empalmes por traslape de varillas corrugadas sometidas a tracción para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia: GRUPO 1: $f'c = 21$ MPa, GRUPO 2: $f'c = 24$ MPa, GRUPO 3: $f'c = 26$ MPa, GRUPO 4: $f'c = 28$ MPa, y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros de varillas que se comercializan en Ecuador, cuando se tiene un acero proporcionado en una cantidad muy similar a la requerida (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo).

- A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes:

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

A continuación **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes, para el cálculo de *let* :

Diámetro "db"	f`c	fy	Para el acero inferior		Para el acero superior con un espesor de Ho por debajo mayor a 30 cm	
			longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (en función del diámetro)	longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (cm)	longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (en función del diámetro)	longitud de empalme por traslapo <i>let</i> (cm)
...	ejemplo (25.3762 db)	Ejemplo (51 cm)		

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Empalmes de varillas (NEC - ACI)

En una tabla, calcular según el ACI las longitudes mínimas de empalmes por traslape de varillas corrugadas sometidas a compresión para el caso de un elemento de hormigón reforzado de resistencia $f'c = 21$ MPa y varillas corrugadas de acero de $f_y = 420$ MPa con los diámetros que se comercializan en Ecuador (Se debe realizar un cálculo típico, luego se debe colocar una tabla de resultados de todas las longitudes de desarrollo).

- A continuación se presenta **un ejemplo** de tabla que debe ser **completado** por los estudiantes:

Diámetro "db"	$f'c$	f_y	longitud de empalme por traslape l_{ec} (cm)
...	ejemplo (65 cm)

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Empalmes de varillas (ACI)

Calcular la longitud de empalmes por traslapeo del acero transversal en espiral de columnas zunchadas para varillas que no se han recubierto y de diámetros que se comercializan en Ecuador.

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Calcular según el ACI 318-14 el factor β_1 “factor que relaciona la profundidad de bloque rectangular equivalente con la profundidad del eje neutro” para hormigones con las siguientes resistencias a compresión:

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 260 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 270 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 300 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 310 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 330 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 360 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 370 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 380 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 390 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 430 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 440 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 450 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 460 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 500 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 510 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 520 \text{ kg/cm}^2$	$f_c = 530 \text{ kg/cm}^2$
$f_c = 560 \text{ kg/cm}^2$			

- Nota 1: Según las recomendaciones del INEN, considere $1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$
- Nota 2: Los cálculos deben ser realizados con todos los decimales, y las respuestas deben ser escritas en la tarea redondeando a cuatro decimales, cuando existan más de cuatro decimales (ejemplo: cálculo $\beta_1 = 0.78657393$, respuesta $\beta_1 = 0.7866$).

Introducción a la NEC-15 y ACI 318-08

- Separación mínima entre varillas longitudinales en vigas (ACI) – Encontrar los requisitos del ACI y colocarlos en esta parte de la consulta.
- Calcular la separación colocada entre varillas longitudinales de la siguiente viga y determinar si cumple con el requisito especificado en el ACI para separaciones mínimas entre varillas longitudinales. Incluir el proceso de cálculo y el esquema o diagrama completo de la sección de la viga. Indicar los valores de las separaciones colocadas (superior e inferior). Indicar el valor de la separación mínima requerida (ACI). Indicar si la sección cumple o no con el requisito de separación mínima. Si no cumple con el requisito, indicar la solución, dibujarla e incluir los cálculos y resultados de separaciones colocadas (superior e inferior) y separación mínima requerida (ACI).

	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
SECCIÓN BxH=	V25x50 cm	V30x60 cm	V35x70 cm	V40x80 cm
As sup=	3 ϕ 16mm	4 ϕ 16mm	5 ϕ 18mm	5 ϕ 20mm
As inf=	3 ϕ 16mm + 5 ϕ 14mm	3 ϕ 18mm + 5 ϕ 14mm	3 ϕ 18mm + 5 ϕ 16mm	3 ϕ 20mm + 5 ϕ 16mm
REC=	5 cm	5 cm	6 cm	6 cm
ESTRIBO=	1 ϕ 10mm	1 ϕ 10mm	1 ϕ 10mm	1 ϕ 10mm