

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Diseño automatizado de conexiones Viga-Columna y Losa-Columna
monolíticas para estructuras de hormigón armado aporticadas, fundidas
en sitio**

Wilson Leonardo Ponce Andrade

Fabricio Yépez, Ph.D., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero

Civil

Quito, diciembre de 2013

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Diseño automatizado de conexiones Viga-Columna y Losa-Columna
monolíticas para estructuras de hormigón armado aporticadas, fundidas
en sitio.**

Wilson Leonardo Ponce Andrade

Fabricio Yépez, PhD.
Director de la Tesis y
Miembro del Comité de Tesis

.....

Miguel Andrés Guerra, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis

.....

Fernando Romo, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis y
Director de Ingeniería Civil

.....

Ximena Córdova, PhD.
Decana Escuela de Ingeniería
Colegio de Ciencias e Ingeniería

.....

Quito, diciembre de 2013

© Derechos de autor

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Wilson Leonardo Ponce Andrade
C. I.: 130894378-4
Fecha: Quito, diciembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas esas personas que de alguna manera han estado involucradas durante mi vida estudiantil, así también como personal. En especial a mi familia, por todo ese apoyo constante. A los profesores de la USFQ, por su dedicación e involucramiento con la educación y la enseñanza.

RESUMEN

Las conexiones viga-columna o losa-columna muchas veces no son tomadas en cuenta en los diseños de estructuras aporticadas de hormigón. Ya sea por falta de información del tema o por falta de herramientas para facilitar la revisión de dichos conexiones.

El presente trabajo, es un programa (software) instalable para el sistema operativo Windows ® (.exe) en el cuál se puede ingresar la información de una conexión y verificar automáticamente si cumple todos los parámetros requeridos por el ACI 352, ACI 352.1, o ACI 318 según corresponda.

La propuesta se basa en un programa con interface de usuario gráfica, con una entrada de datos intuitiva, para que los usuarios puedan interactuar fácilmente. El programa emite un reporte en Microsoft Word ® con una revisión de todos los parámetros de las conexiones viga-columna o losa-columna según corresponda el caso.

Con la creación de este software de libre acceso y fácil utilización, se podrá, motivar a los diseñadores del país a que tomen en cuenta el diseño y verificación de las conexiones viga-columna y losa-columna, aspecto tan importante en el sistema estructural aporticado y que es poco considerado

ABSTRACT

The Beam-Column or Slab-Column connections usually are not taking into account within the structural design for concrete frame structures. Either there are not too much information or there are not tools for the verification of those connections.

The present work is a installable software for Windows ® Operation System (.exe), in which you can enter the information for a connection and you can verify if that connection pass all the parameters required by ACI 352, ACI 352.1, o ACI 318, accordingly.

The proposal is based on a software with graphical user interface, with intuitive input data, so that users can easily interact. The program issues a report in Microsoft Word ® with a review of all the parameters of the beam-column or slab-column connections as appropriate case.

With the creation of this open access software and ease of use, it may motivate designers nationwide to take into account the design and verification of beam-column or slab-column connection, important in the structural frame system and is often took into consideration

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
TABLA DE CONTENIDO	8
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE GRÁFICOS.....	16
LISTA DE TABLAS	17
1.- INTRODUCCIÓN	18
1.1.- Antecedentes y Justificación	18
1.2.- Objetivo.....	21
1.3.- Alcance.....	21
2.- MARCO TEÓRICO	23
2.1.- Diseño de conexiones Viga-Columna de hormigón.....	23
2.1.1.- <i>Definiciones</i>	23
2.1.2.- <i>Clasificación de las conexiones viga-columna (Obtenido de Cap. 2-ACI 352R-02)</i>	24
2.1.2.1.- Condiciones de cargas.....	24
2.1.2.2.- Geometría de la conexión	24
2.1.3.- <i>Consideraciones de diseño (Obtenido de Cap. 3-ACI 352R-02)</i>	26
2.1.3.1.- Fuerzas de diseño y resistencia	26
2.1.3.2.- Secciones críticas	26
2.1.3.3.- Resistencia de los miembros a la flexión	27

2.1.3.4.- Estado de servicio	31
2.1.4.- Resistencia nominal y requisitos de detallamiento (Obtenido de Cap. 4-ACI 352R-02)	32
2.1.4.1.- Refuerzo longitudinal de la columna	32
2.1.4.2.- Refuerzo transversal en el nudo	33
2.1.4.3.- Cortante en la unión para conexiones Tipo 1 y Tipo 2	41
2.1.4.4.- Flexión	45
2.1.4.5.- Desarrollo de refuerzo.....	47
2.1.4.6.- Refuerzo transversal de la viga	53
2.2.- Diseño de conexiones Losa-Columna de hormigón.....	53
2.2.1.- Definiciones (Obtenido de Cap. 2- ACI 352.1R-89)	54
2.2.2.- Clasificación de las conexiones losa-columna (Obtenido de Cap. 2- ACI 352.1R-89)	56
2.2.2.1.- Clasificación de unión losa-columna por geometría.....	57
2.2.2.2.- Clasificación de unión losa-columna por desempeño	58
2.2.3.- Consideraciones de diseño (Obtenido de Cap. 3- ACI 352.1R-89).	59
2.2.3.1.- Desempeño de la conexión	59
2.2.3.2.- Tipos de acciones en la conexión.....	59
2.2.3.3.- Determinación de las fuerzas de la conexión.....	60
2.2.4.- Métodos de análisis para de determinación de la resistencia de la conexión (Obtenido de Cap. 4- ACI 352.1R-89)	60
2.2.4.1.- Principios generales y recomendaciones.....	60
2.2.4.2.- Conexiones sin vigas.....	61
2.2.4.3.- Conexiones con vigas transversales	63
2.2.4.4.- Efecto de aberturas.....	65
2.2.4.5.- Resistencia de la unión.....	66

2.2.5.- <i>Requisitos del refuerzo (Obtenido de Cap. 5- ACI 352.1R-89)</i>	66
2.2.5.1.- Refuerzo de la losa para trasferencia de momento.....	66
2.2.5.2.- Recomendaciones para la unión.....	69
2.2.5.3.- Refuerzo de la integridad estructural	72
2.2.5.4.- Anclaje de refuerzo	74
3.- DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	77
3.1.- Diagramas de flujo de la aplicación	77
3.1.1.- Flujograma General.....	77
3.1.2.- Diseño conexiones Viga-Columna.....	78
3.1.2.1.- Ancho de vigas.....	79
3.1.2.2.- Refuerzo longitudinal de columna.....	79
3.1.2.3.- Refuerzo transversal del nudo	79
3.1.2.4.- Cortante en el nudo	80
4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
4.1.- DATOS DE LA CONEXIÓN VIGA-COLUMNA	81
4.1.1.- Vista general del nudo.....	81
4.1.1.1.- Secciones y armados de columnas y vigas.....	81
4.1.1.1.a.- Materiales.....	81
4.1.1.1.b.- Columna.....	81
4.1.1.2.- Vigas.....	82
Vigas en sentido X	82
Vigas en sentido Y	82
4.2.- DISEÑO Y VERIFICACIÓN DE LA UNIÓN VIGA-COLUMNA	82

4.2.1.- Verificación de ancho máximo de vigas	82
<i>Vigas en sentido X</i>	82
<i>Vigas en sentido Y</i>	83
4.2.2.- Refuerzo longitudinal de columna	83
<i>Verificación de la cuantía de refuerzo longitudinal:</i>	83
<i>Verificación del espaciamiento de las varillas</i>	83
Varillas en sentido X	83
Varillas en sentido Y	84
4.2.3.- Refuerzo transversal del nudo	84
<i>Área de acero existente</i>	84
Estribos en sentido X = Estribos en sentido Y	84
<i>Espaciamiento mínimo</i>	84
<i>Área de acero transversal mínima en Sentido X</i>	84
<i>Área de acero transversal mínima en Sentido Y</i>	85
4.2.4.- Cortante en el nudo (Sección 4.3)	86
4.2.4.1.- Cortante en sentido X.....	86
<i>Ancho efectivo de losa</i>	86
Viga con losa en ambos lados	86
<i>Momento flector en vigas</i>	86
Para momento positivo:.....	87
Para momento negativo:.....	87
Ancho Efectivo del nudo Según ACI 352.R-02	88
4.2.5.- Relación de resistencia a flexión.....	89
4.2.5.1.- Relación de resistencia a flexión en sentido X.....	89

4.2.6.- Varillas de vigas y columnas que pasan a través del nudo.....	89
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1.- Conclusiones	90
5.1.1.- Sobre las conexiones viga-columna y losa-columna.....	90
5.1.2.- Sobre el programa	90
5.2.- Recomendaciones.....	90
5.2.1.- Sobre las conexiones viga-columna y losa-columna.....	90
5.2.2.- Sobre el programa	91
6.- MANUAL DE USO DEL PROGRAMA	92
6.1.- Instalación del programa	92
6.1.1.- Pre requisitos para la instalación:	92
6.2.- Pantalla Inicial.....	92
6.3.- Diseño de conexiones Viga-Columna.....	93
6.3.1.1.- Entrada de datos de columnas.....	94
6.3.1.2.- Entrada de datos de viga	99
6.3.1.3.- Entrada de datos de losa	104
6.3.1.4.- Opciones	107
6.4.- Diseño de conexiones Losa-Columna.....	108
6.4.1.1.- Entrada de datos de columnas.....	109
6.4.1.2.- Entrada de datos de losa	109
7.- BIBLIOGRAFÍA.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Zonas sísmicas del Ecuador (Obtenido de NEC Cap. 2).....	19
Figura 2.- Tipo de vivienda (obtenido de http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda_2010.html#).....	19
Figura 3.- Tipo del techo (obtenido de http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda_2010.html#).....	20
Figura 4.- Ilustración de una viga transversal	23
Figura 5.- Límite del ancho de la viga con relación a la columna	25
Figura 6.- Clasificación de conexiones viga-columna	25
Figura 7.- Clasificación de conexiones viga-columna de cubierta	26
Figura 8.- Fuerzas de la unión en las secciones críticas.....	27
Figura 9.- Viga T con refuerzo de losa	28
Figura 10 .- Ancho efectivo de viga en conexiones exteriores sin viga transversal ..	29
Figura 11.- Ancho efectivo de viga en conexiones de esquina sin viga transversal ..	30
Figura 12 .-Definición de miembros para dar confinamiento lateral	35
Figura 13 .-Refuerzo transversal vertical en conexiones con columnas discontinuas	36
Figura 14 .-Dimensiones requeridas de refuerzo transversal	37
Figura 15 .- Conexión Tipo 2 (A.1) $\gamma=20$	43
Figura 16 .- Conexión Tipo 2 (A.2) $\gamma=15$	43
Figura 17 .- Conexión Tipo 2 A.3 $\gamma=12$	43
Figura 18 .- Conexión Tipo 2 (B.1) $\gamma=15$	43
Figura 19 .- Conexión Tipo 2 (B.2) $\gamma=12$	43
Figura 20 .- Conexión Tipo 2(B.3) $\gamma=8$	43
Figura 21 .- Ancho efectido de nudo según ACI 352	44

Figura 22 .- Ancho efectivo de nudo según ACI 318	45
Figura 23 .-Evaluación del cortante horizontal del nudo	46
Figura 24 .-Sección crítica	48
Figura 25 .- Ubicación de ganchos y varillas con anclaje mecánico con cabezal.....	50
Figura 26 .- Adherencia de esfuerzo	52
Figura 27 .- Nudo en conexión losa- columna	55
Figura 28 .- Secciones Críticas de losa	56
Figura 29 .- Límite del radio columna/losa - Dirección de momento	57
Figura 30 .- Conexiones exteriores	58
Figura 31 .- Pantalla de Inicio	92
Figura 32 .-Ventana principal conexión Viga-Columna	93
Figura 33 .-Partes de la ventana principal conexión Viga-Columna	94
Figura 34 .- Ventana de entrada de Datos de Columna.....	94
Figura 35.- Partes de la ventana de entrada de datos de columna.....	95
Figura 36 .- Partes de la entrada de datos de refuerzo de columna	96
Figura 37.- Partes de la entrada de datos adicionales de columna	97
Figura 38 .-Partes del diagrama de interacción de columna	97
Figura 39 .- Partes del ingreso de unidades de columnas	98
Figura 40 .- Partes del sentido de análisis de columna	98
Figura 41 .- Ventana de entrada de datos de vigas.....	99
Figura 42 .-Partes de la ventana de entrada de datos de vigas	100
Figura 43 .- Partes de la vista en planta	100
Figura 44 .- Partes de la entrada de datos de vigas en sentido Norte-Sur	102
Figura 45 .- Partes de la entrada de datos generales de vigas	102
Figura 46 .- Partes de la entrada de datos de vigas en sentido Oeste-Este.....	103

Figura 47 .- Ventana de entrada de datos de losa.....	104
Figura 48 .- Partes de la ventana de entrada de datos de losa	105
Figura 49 .- Partes de la entrada de datos de longitudes de vanos	105
Figura 50 .- Partes de la entrada de datos de la geometría de la losa.....	106
Figura 51 .- Partes de la entrada de datos de las varillas superiores de la losa	106
Figura 52 .- Partes de la entrada de datos de las varillas inferiores de losa	107
Figura 53 .- Partes de la entrada de datos de unidades.....	107
Figura 54 .-Ventana de entrada de datos de Opciones	108
Figura 55 .- Ventana principal conexión Losa-Columna.....	108
Figura 59 .- Ventana de entrada de datos de losa y cargas	109
Figura 60 .- Partes de la ventana de entrada de datos de losa y cargas	110
Figura 61 .- Partes de la entrada de datos de longitudes de vanos de la losa.....	110
Figura 62 .- Partes de la entrada de datos de la geometría de la losa.....	111
Figura 63 .- Partes de la entrada de datos de las cargas actuantes sobre el nudo.....	111
Figura 64 .- Partes de la entrada de datos del Abaco de la columna.....	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Diagrama de Flujo General de la aplicación	77
Gráfico 2 .- Diagrama de Flujo de Diseño conexiones Viga-Columna	78
Gráfico 3 .- Diagrama de Flujo de Revisión de refuerzo longitudinal de columna ...	79
Gráfico 4 .- Diagrama de Flujo del refuerzo transversal del nudo.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.- Valores de γ para conexiones viga-columna (Tomado de ACI 352 Table 1)	42
Tabla 2 .-Peralte mínimo de columna o viga para conexiones Tipo 2	52
Tabla 3.- Factores de modificación para resistencia básica de cortante	61

Diseño automatizado de conexiones Viga-Columna y Losa-Columna monolíticas para estructuras de hormigón armado aporticadas, fundidas en sitio.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes y Justificación

El peligro sísmico en el Ecuador es de gran importancia. La principal fuente de generación de sismos en el Ecuador es la subducción de la Placa de Nazca dentro de la Placa Sudamericana según lo indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en el capítulo 2. Además existe un sistema complejo de fallas locales superficiales que produce sismos de gran importancia en una gran área del territorio ecuatoriano.

“El Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba e Ibarra, con la muerte de más de 60.000 personas (Yépez H. et al 1998). Escenarios sísmicos probables evaluados en Quito (EPN et al 1994), Guayaquil (Argudo J. et al, 1999) y Cuenca (García E. et al 2000), muestran un panorama muy poco alentador, y la necesidad urgente por emprender en programas para la mitigación del riesgo sísmico.” (NEC - Cap. 3.1)

Como se muestra más adelante en la Figura 1, según la clasificación en zonas sísmicas del Ecuador, la región costa es la de mayor afectación de peligro sísmico seguida por la región sierra. El Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), en el censo de población y vivienda del 2010, indica que aproximadamente la mitad de los ecuatorianos viven en Guayas (3'645.483 habitantes), Pichincha (2'576.287 habitantes) y Manabí (1'369.780 habitantes). Con ello podemos concluir que más de la mitad de los ecuatorianos viven en zonas de muy alto riesgo sísmico.

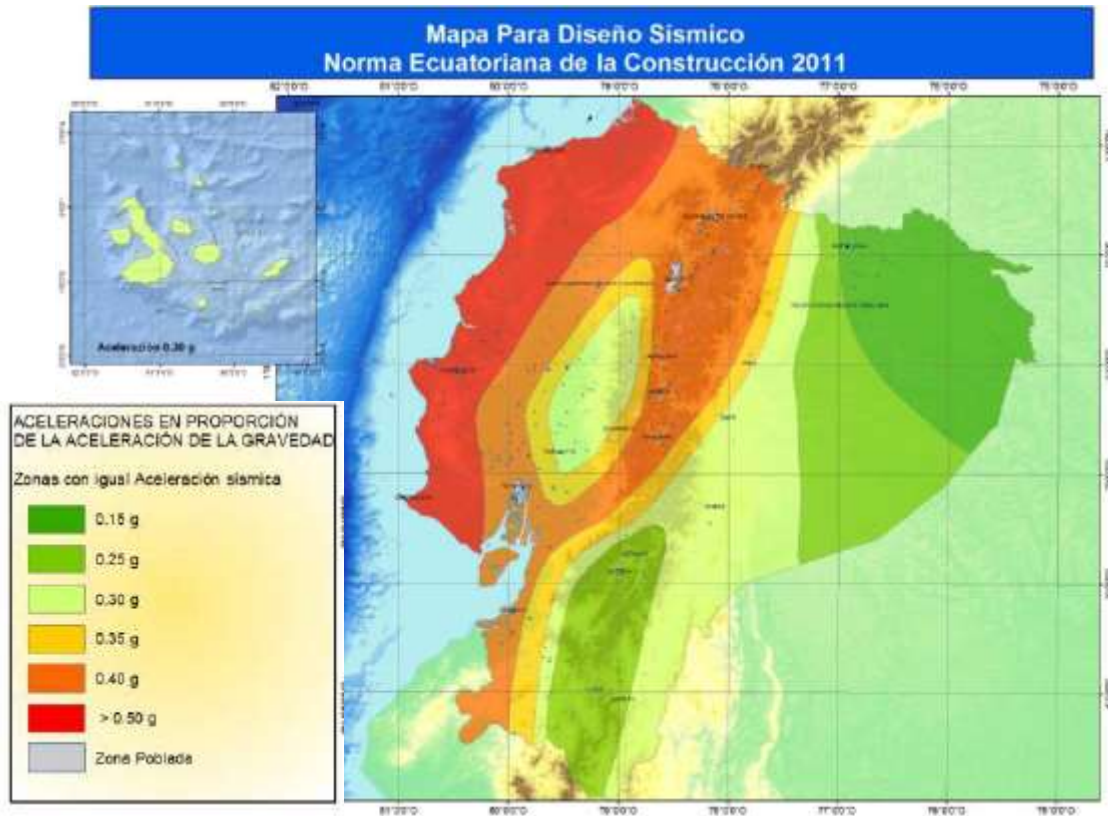


Figura 1.- Zonas sísmicas del Ecuador (Obtenido de NEC Cap. 2)

El mismo censo de población y vivienda del 2010 revela que cerca del 70% de los ecuatorianos viven en casas o villas y que alrededor del 30% vive bajo una losa de hormigón. Estos datos se muestran en la. Figura 2.- Tipo de vivienda (obtenido de http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda_2010.html#) y en la Figura 3.

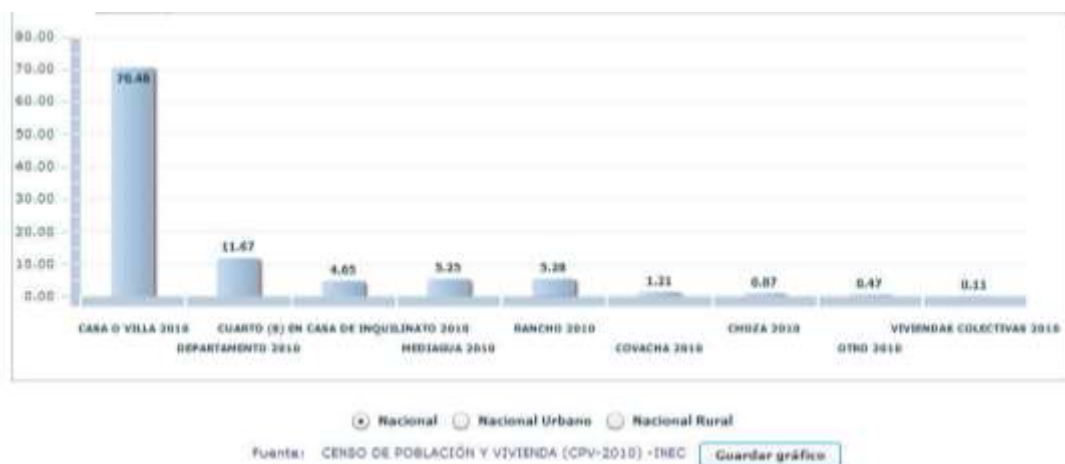


Figura 2.- Tipo de vivienda (obtenido de http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda_2010.html#)

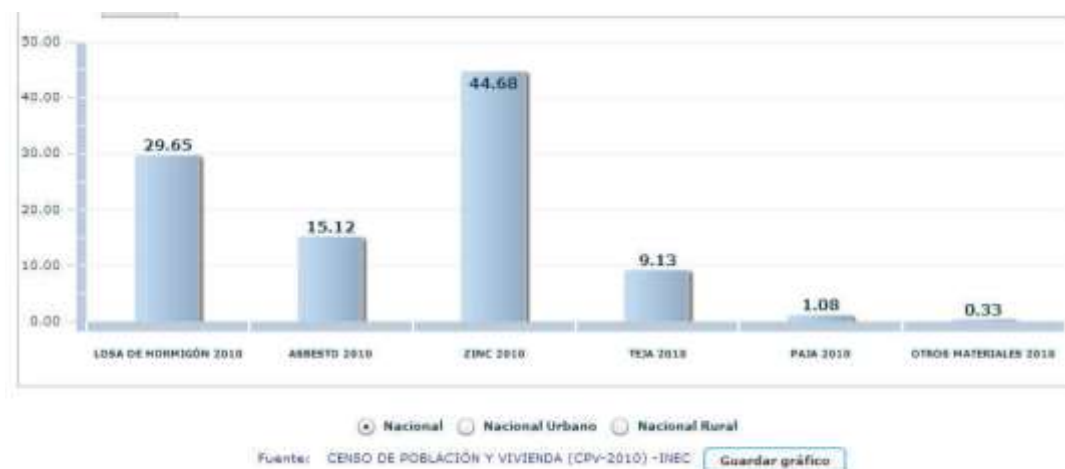


Figura 3.- Tipo del techo (obtenido de http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda_2010.html#)

Al combinar estos datos estadísticos se concluye que en el país existe un gran porcentaje de construcciones de hormigón armado como sistema estructural para la construcción de edificaciones en el Ecuador, y muchas de estas edificaciones son aporticadas, es decir, no tienen muros de corte que absorban las fuerzas sísmicas o laterales en general. Por esto, es importante implementar una herramienta que permita un adecuado diseño de los nudos viga-columna y losa-columna para un correcto desempeño de estas estructuras aporticadas de hormigón.

En el comportamiento sísmico de las estructuras la función que cumplen los nudos donde se conectan las columnas con las vigas es muy importante, ya que en estos nudos se concentran grandes cantidades de esfuerzos. Las conexiones no son verificadas por los calculistas y diseñadores en la gran mayoría de los casos. El cálculo y diseño de los nudos no son muy estudiadas a nivel de pregrado pese a ser de gran importancia para la estructura.

No existe en la actualidad algún programa comercial para el cálculo y diseño íntegro de las uniones viga-columnas de hormigón armado. Algunos programas como el

ETABS (uno de los de mayor utilización en el país para el cálculo y diseño de estructuras), hacen un breve chequeo de nudos en lo que respecta a la relación de las capacidades de flexión de las vigas vs las columnas según lo indican en sus manuales, y no analiza a fondo los refuerzos y longitudes de anclaje y adherencia de las varillas que en realidad van a ser utilizadas así como tampoco lo hacen con el confinamiento.

Con la creación de un software de libre acceso y fácil utilización, se podrá motivar a los diseñadores del país a que tomen en cuenta el diseño y verificación de las conexiones viga-columna y losa-columna, aspecto tan importante en el sistema estructural aporticado y que ha sido poco considerado. Es importante contar con una herramienta que permita realizar de forma automatizada el cálculo y diseño de conexiones viga-columna para estructuras aporticadas de hormigón armado porque es un diseño muy tedioso y tomaría mucho tiempo si se lo hace manualmente. Además de que en muchos casos se está evadiendo este chequeo en las estructuras, el cuál puede hacer incluso que cambie las secciones de las columnas para que pueda cumplir con todas las verificaciones el nudo.

1.2.- Objetivo

El objetivo final es elaborar un programa de software que automatice los diseños de las conexiones Viga-Columna y losa-Columnas monolíticas para estructuras de hormigón armado aporticadas, fundidas en sitio.

1.3.- Alcance

El programa de software se fundamentará en los siguientes códigos:

- ACI 352R-02 - Recommendations for Design of Beam-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures.
- ACI 352.1R-89 - Recommendations for Design of Slab-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures.

- ACI 318M-11- Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary.

En el caso de las uniones vigas-columnas aplica solo a estructuras que utilizan hormigón de peso regular y de una resistencia máxima a la compresión f'_c de 100 MPa ($\approx 1000 \text{ Kg/cm}^2$) según lo indica el ACI 352R-02. Para el caso de las uniones losa-columnas la resistencia del hormigón no debe exceder los 420 Kg/cm^2 y puede estar en combinación de una unión viga-columna. Se tomará en cuenta solo las conexiones de Tipo 2 de la clasificación del ACI 352R-02, porque es la que toma en cuenta que en el diseño de las estructuras aporricadas, los elementos disipen energía con deformaciones en el rango inelástico. Solo aplica cuando el ancho de la viga es menor que $3 b_c$ y menor que $(b_c + 1.5 h_c)$ donde b_c es el ancho de la columna y h_c es la altura de la columna. Este límite se da para asegurar la formación completa de rótula plástica en la viga.

En algunos casos se utilizan vigas varias veces más anchas que la columna, y con una altura de viga apenas el doble que el espesor de la losa. En estos casos, es recomendable por seguridad del diseño de la unión, considerar la viga ancha como losa y hacer el diseño del nudo como si fuera losa-columna (Nilson, 318)

En el caso de las uniones losas-columnas aplica solo para estructuras monolíticas, con o sin capitel y ábaco de columnas, sin refuerzo para corte en la losa y sin refuerzo pretensado. El ACI 352.1R-89 indica explícitamente que las recomendaciones de las uniones losa-columnas NO aplican para construcciones multi pisos en regiones de alto riesgo sísmicos cuando la losa es parte del sistema primario de resistencia de carga lateral. Los pórticos losa-columna son inapropiados para estas aplicaciones.

A pesar de que el ACI no recomienda el uso de vigas bandas (losa-columna), esto es una práctica muy común de construcción en el Ecuador, por esta razón estos nudos son tomados en cuenta en el presente trabajo. .

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Diseño de conexiones Viga-Columna de hormigón

El diseño de las conexiones viga-columna se basa en el ACI 352R-02 y en el ACI 318-11. El objetivo es determinar las proporciones, diseños y detalles de las conexiones monolíticas viga-columna fundida en sitio. Estas recomendaciones satisfacen los requerimientos de resistencia y ductilidad.

2.1.1.- Definiciones

La unión viga-columna es definida como la porción de columna con la altura de la viga de mayor peralte que llega a la columna. El término unión o nudo es usado para referirse a la unión viga-columna.

Una conexión es el nudo más las columnas, vigas y losa adyacente al nudo.

Una viga transversal es la que llega al nudo en dirección perpendicular en la que el cortante del nudo está siendo considerado, como se muestra en la Figura 4.

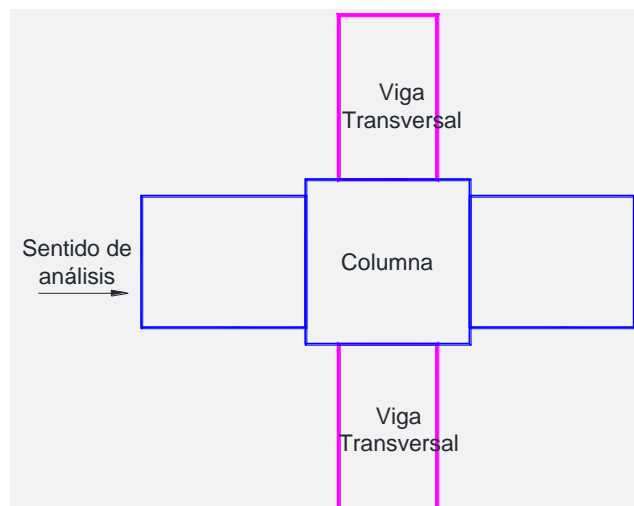


Figura 4.- Ilustración de una viga transversal

2.1.2.- Clasificación de las conexiones viga-columna (Obtenido de Cap. 2-ACI 352R-02)

Las conexiones viga-columna se clasifican según las condiciones de cargas y la geometría de la conexión.

2.1.2.1.- Condiciones de cargas

Las conexiones estructurales se clasifican en dos categorías: Tipo 1 y Tipo 2. Esta clasificación se basa en las condiciones de cargas para la conexión y las deformaciones anticipadas de los miembros del pórtico cuando resisten cargas laterales.

2.1.2.1.a.- Tipo 1

Se compone de miembros diseñados para satisfacer los requisitos de resistencia del ACI 318, excepto el capítulo 21 para miembros sin deformación inelástica significativa.

2.1.2.1.b.- Tipo 2

En este tipo de conexión, los miembros del pórtico están diseñados para tener resistencia sostenida bajo reversiones de deformación en el rango inelástico.

En las conexiones de Tipo 2 los miembros son diseñados para disipar la energía a través de reversiones de deformaciones en el rango inelástico.

Las estructuras en el Ecuador deben diseñarse con ese principio, por esta razón, el enfoque de esta tesis, solo será en las conexiones de Tipo 2

2.1.2.2.- Geometría de la conexión

Solo aplica cuando el ancho de la viga b_b es menor que el valor más pequeño entre $3b_c$ y $(b_c + 1.5h_c)$. Esta restricción se da, para asegurar la formación completa de rótula plástica en la viga. En caso de que el ancho de la viga es mayor que el límite mencionado arriba, recomienda considerar la viga como si fuera losa, y hacer el diseño de la conexión losa-columna. (Nilson, 318)

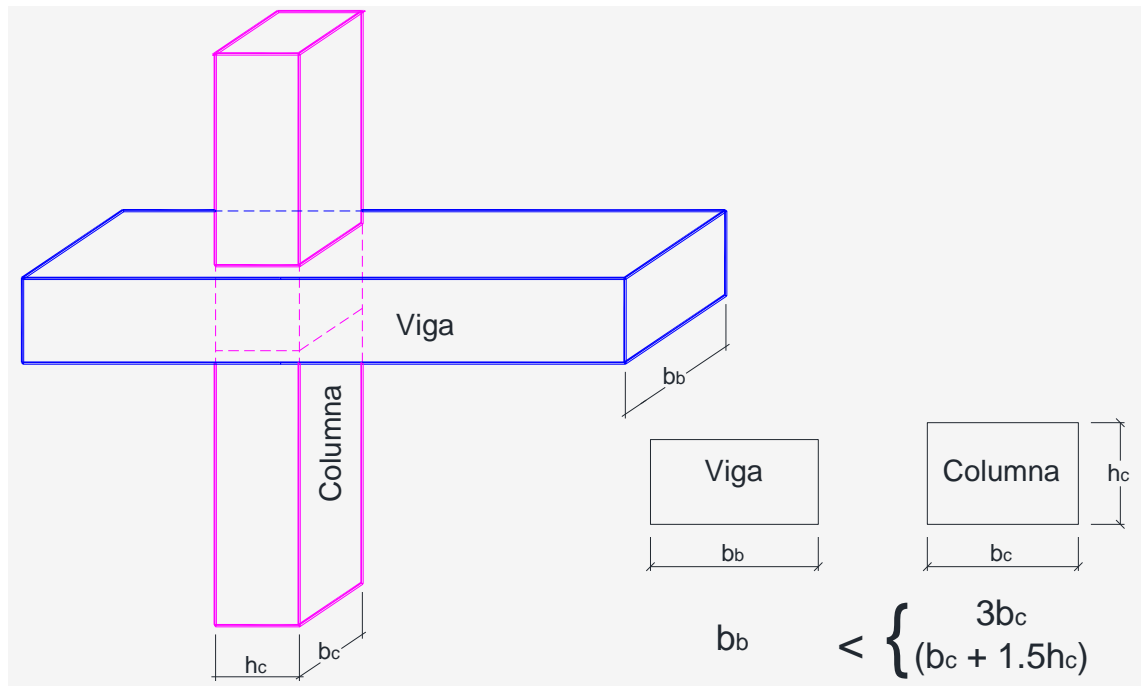


Figura 5.- Límite del ancho de la viga con relación a la columna

También aplica para conexiones con vigas no centradas a las columnas, pero solo cuando todas las varillas de la viga están ancladas o pasan a través del núcleo de la columna. Esta limitación se debe a la falta de investigación para los casos cuando las varillas de la viga pasa por fuera del núcleo de la columna.

Según la geometría las conexiones se clasifican en interior, exterior o de esquina. Como se muestran en la Figura 6 y en la Figura 7 pueden ser de piso intermedio o de cubierta



Figura 6.- Clasificación de conexiones viga-columna



Figura 7.- Clasificación de conexiones viga-columna de cubierta

2.1.3.- Consideraciones de diseño (Obtenido de Cap. 3-ACI 352R-02)

2.1.3.1.- Fuerzas de diseño y resistencia

La conexión debe resistir todas las fuerzas que sean transmitidas por los miembros adyacentes, usando las combinaciones que producen la distribución más severa de fuerzas del nudo, incluyendo el efecto de excentricidad de cualquier miembro.

Las fuerzas derivadas de deformaciones debido a los efectos dependientes del tiempo y temperatura deben ser tomadas en consideración. Para las conexiones Tipo 2, las fuerzas de diseño que los miembros transfieren a la unión no están limitadas a las fuerzas determinadas por el análisis de factor de carga, *deben ser determinadas por la probable resistencia a la flexión de los miembros tal como se define en la Sección 2.1.3.3.-sin usar los factores de reducción de fuerza.*

2.1.3.2.- Secciones críticas

La unión Viga-Columna debe ser proporcionada para resistir las fuerzas dadas en la Sección 2.1.3.1.- en las secciones críticas. Las secciones críticas para la transferencia de las fuerzas de los miembros a la conexión están localizadas en las interfaces de la unión con el miembro. Las secciones críticas para las fuerzas de corte dentro de las uniones serán definidas más adelante en la Sección 2.1.4.-

Las recomendaciones de diseño están basadas en la suposición que la secciones críticas están inmediatamente adyacentes a la unión. La Figura 8 muestra a la unión como un cuerpo libre con fuerzas actuando en las secciones críticas.

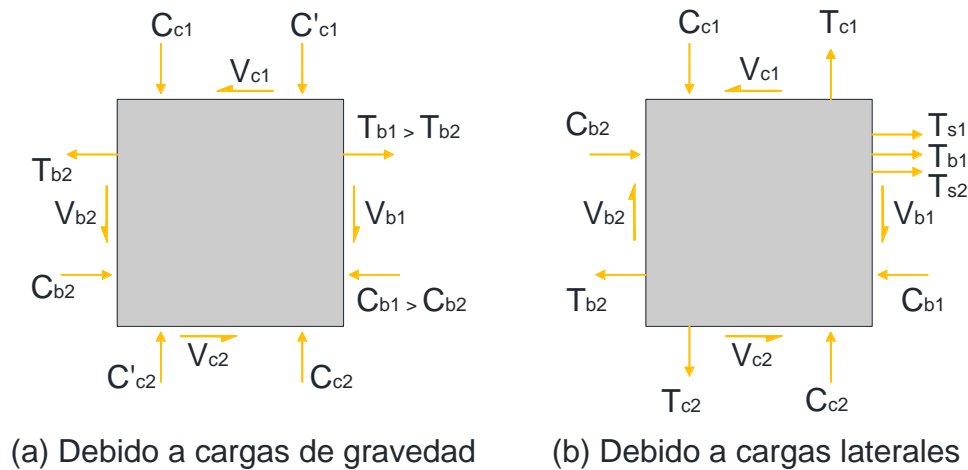


Figura 8- Fuerzas de la unión en las secciones críticas.

T = fuerza de tensión; C = fuerza de compresión; V = fuerza de corte; Subíndice b para viga, Subíndice c para columna, y Subíndice s para losa

2.1.3.3.- Resistencia de los miembros a la flexión

La resistencia a la flexión de la viga y de la columna se calcula para establecer la demanda de corte del nudo (Sección 2.1.3.3.d.-) y para comprobar la relación de la resistencia a la flexión de la columna y la viga en cada conexión (Sección 2.1.4.4.-).

2.1.3.3.a.- Para conexiones Tipo 1

La resistencia a la flexión de la viga debe ser determinada considerando el refuerzo en el alma de la viga más cualquier refuerzo en el ala en tracción de acuerdo a la sección 10.6.6 del ACI 318-11.

“10.6.6 - Cuando las alas de las vigas T están en tracción, parte del refuerzo de tracción por flexión debe distribuirse sobre un ancho efectivo del ala como se define en 8.12 o un ancho igual a $1/10$ de la luz, el que sea menor. Si el ancho efectivo del ala excede de $1/10$ de la luz, se debe colocar algún refuerzo longitudinal en las zonas más externas del ala.” ACI 318-11

“8.12.2 - El ancho efectivo de la losa usada como ala de las vigas T no debe exceder 1/4 de la luz de la viga, y el ancho sobresaliente efectivo del ala a cada lado del alma no debe exceder:

(a) 8 veces el espesor de losa, y

(b) La mitad de la distancia libre a la siguiente alma” ACI 318-11

2.1.3.3.b.- Para conexiones Tipo II

Cuando la losa construida integralmente esté en tracción, la resistencia a flexión de la viga debe determinarse considerando el refuerzo de la losa localizado dentro de un ancho de ala efectivo, b_e en conjunto con el refuerzo longitudinal de la viga localizado dentro del alma. Como se muestra en la Figura 9.

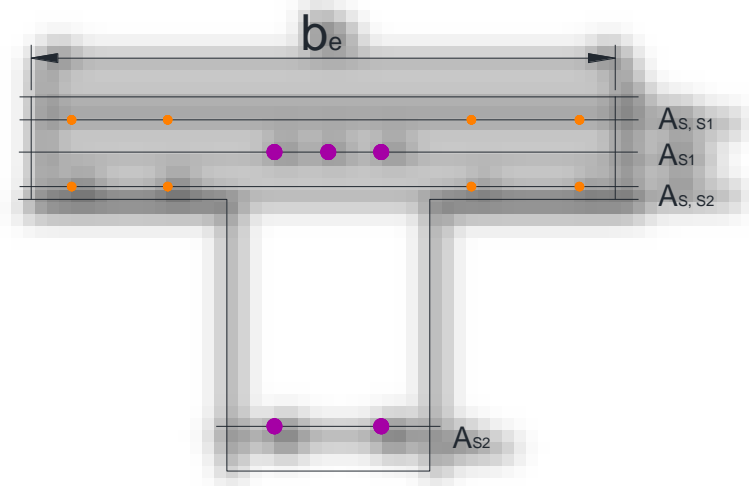


Figura 9.- Viga T con refuerzo de losa

Las fuerzas introducidas al nudo deben basarse en la resistencia a flexión de la viga considerando la contribución al momento negativo del refuerzo efectivo de la losa (losa en tracción). Se debe considerar que el refuerzo de la losa actúa como el refuerzo en tracción de la viga con una deformación unitaria igual a la ocurrida en el alma a la altura del acero de refuerzo de la losa. Solo el refuerzo de la losa continuo o anclado debe considerarse que contribuye a la resistencia a flexión de la viga.

“8.12.3 - Para vigas que tengan losa a un solo lado, el ancho sobresaliente efectivo del ala no debe exceder:

(a) 1/12 de la luz de la viga,

(b) 6 veces el espesor de la losa, y

(c) La mitad de la distancia libre a la siguiente alma.” ACI 318-11

El ancho efectivo de la losa no debe ser tomada menor que $2b_b$ donde b_b es el ancho del alma de la viga.

En caso de conexiones exteriores sin viga transversal, el refuerzo de la losa con un ancho efectivo $2c_t + b_c$ centrado a la columna debe ser considerado en la contribución de la resistencia a la flexión de la viga con alas a tracción.

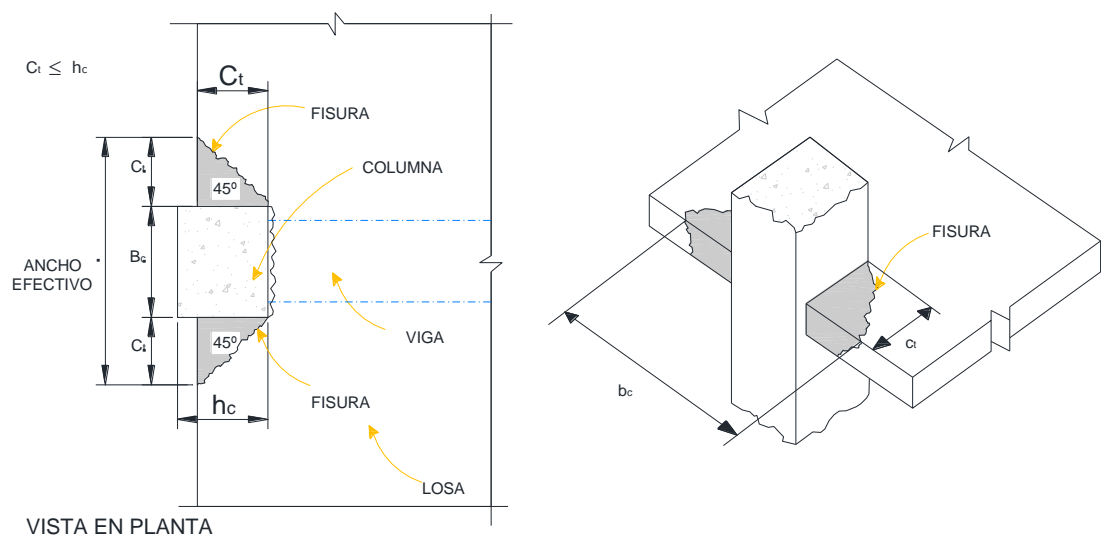


Figura 10.- Ancho efectivo de viga en conexiones exteriores sin viga transversal

Para conexiones de esquina sin vigas transversales, el ancho efectivo de la losa b_e de ser tomado como $(c_t + b_c)$, más, el menor entre c_t y la distancia perpendicular del cara de la columna al borde de la losa paralelo a la viga. Ver Figura 11.

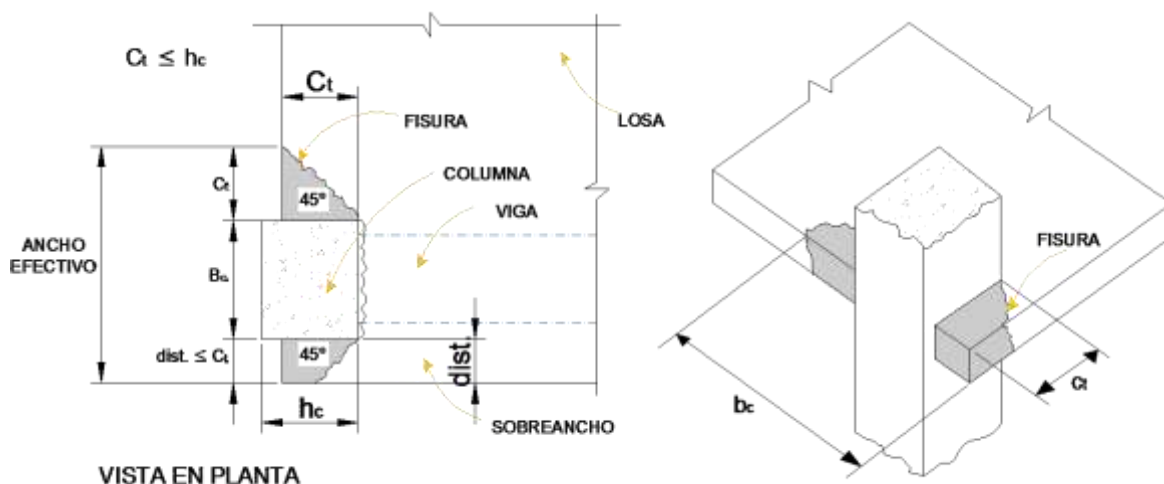


Figura 11.- Ancho efectivo de viga en conexiones de esquina sin viga transversal

2.1.3.3.c.- Para conexiones Tipo 2 interiores con viga ancha

Por lo menos 1/3 del refuerzo longitudinal superior de la viga ancha y del refuerzo de losa referente al ancho efectivo debe pasar a través del núcleo confinado de la columna. Para conexiones exteriores Tipo 2 con vigas más anchas que las columnas, por lo menos 1/3 del refuerzo superior longitudinal de la viga ancha y el refuerzo de la losa referente del ancho efectivo debe ser anclado en el núcleo de la columna. Para conexiones exteriores de viga ancha Tipo 2, la viga transversal debe ser diseñada para resistir la totalidad de la torsión de equilibrio proveniente de las varillas de la viga y de la losa que estén ancladas en la viga dintel dentro del ancho efectivo de losa, b_e , de acuerdo con los requisitos de la Sección 11.5 (Diseño por torsión) de ACI 318-11. El espaciamiento del refuerzo a torsión en la viga transversal no debe exceder el menor entre $p_h/16$ y 150 mm, donde p_h es el perímetro descrito por el centro del refuerzo transversal cerrado de torsión localizado en la parte más exterior dentro de la sección de la viga.

2.1.3.3.d.- Para todas las conexiones

Se debe determinar que miembros llegan primero a fluencia en flexión debido a los efectos de carga descritos en la Sección 2.1.3.1.- Las fuerzas de diseño en el refuerzo de la

viga de la losa con el ancho efectivo en las interfaces miembro-nudo deben determinarse usando el esfuerzo αf_y para el refuerzo longitudinal, donde f_y es el esfuerzo de fluencia especificado de las varillas de refuerzo y α es un factor que multiplica el esfuerzo:

Para tipo 1, $\alpha \geq 1.0$

Para tipo 2, $\alpha \geq 1.25$

El valor de $\alpha = 1.25$ es para tomar en cuenta el esfuerzo de fluencia real de una varilla, y el valor de 1.25 debe ser considerado como mínimo, es decir, si existen estudios locales sobre el porcentaje del esfuerzo de fluencia en relación al esfuerzo nominal, se debe utilizar tal valor con el limitante de $\alpha \geq 1.25$.

2.1.3.4.- Estado de servicio

El agrietamiento y rotaciones concentradas de los miembros son esperados cerca de las caras del nudo donde los momentos flectores generalmente alcanzan sus máximos valores. Las proporciones de la sección de los miembros del pórtico en la conexión deben satisfacer los requerimientos ACI 318-11 (Sección 9) para agrietamiento y deflexión bajo cargas de servicio.

Los requerimientos de los estados de servicio son aplicables a los miembros de los pórticos que se conectan en el nudo. No se especifica ningún requisito adicional a los que figuran en el ACI 318-11.

2.1.4.- Resistencia nominal y requisitos de detallamiento (Obtenido de Cap. 4-ACI 352R-02)

2.1.4.1.- Refuerzo longitudinal de la columna

El refuerzo longitudinal de la columna que pasa a través del nudo debe satisfacer las Secciones 10.9.1 y 10.9.2 del ACI 318-11 correspondiente a los límites del refuerzo de elementos a compresión.

“10.9.1 - El Área del de refuerzo longitudinal of longitudinal A_{st} , para elementos no compuestos sometidos a compresión no debe ser menor que $0.01A_g$ ni mayor que $0.08A_g$ ”. ACI 318-11.

Pero en la Sección 21.6.3.1 del ACI 318-11, el límite del refuerzo es $0.06A_g$ que es el que se debe utilizar para conexiones Tipo 2.

“10.9.2- El número mínimo de barras longitudinales en elementos sometidos a compresión debe ser de 4 para barras dentro de estribos circulares o rectangulares, 3 para barras dentro de estribos triangulares y 6 para barras confinadas por espirales, que cumplan con la sección 10.9.3.”. ACI 318-11.

Para las conexiones del Tipo 1, las varillas longitudinales de la columna pueden ser dobladas dentro del nudo debido a un cambio de sección. Se deben cumplir los requisitos de la Sección 7.8.1 del ACI 318-11 (varillas dobladas por cambio de sección).

Para las conexiones Tipo 2, las varillas longitudinales de la columna que pasen a través del nudo deben estar distribuidas alrededor del perímetro del núcleo de la columna. Además, el espaciamiento eje a eje entre las varillas adyacentes longitudinales de la columna no deben exceder el mayor de 8 pulgadas (200mm) ni $1/3$ de la dimensión de la sección transversal de la columna (o diámetro) en la dirección que el espaciamiento está siendo considerado. En ningún caso el espaciamiento debe exceder 12 pulgadas (300mm).

$$\text{Esp. varillas longitudinales de columna} \leq \left(200 \text{ m} \leq \frac{1}{3} b_c \leq 300 \right)$$

Expresión 1

Las varillas longitudinales de la columna pueden ser dobladas dentro del nudo de acuerdo con la Sección 7.8.1 del ACI 318-11, siempre y cuando se coloquen estribos adicionales, además de la cantidad determinada en la Sección 2.1.4.2.-, que están provistas para satisfacer los requerimientos de fuerza de la Sección 7.8.1.3 del ACI 318-11.

La investigación sobre columnas sometidas a cargas cíclicas severas ha mostrado que una distribución uniforme del refuerzo longitudinal de la columna mejora el confinamiento del núcleo de la columna. Las recomendaciones de esta sección, que son más restrictivos que los requerimientos del ACI 318-11, están destinados a garantizar una distribución relativamente uniforme de las varillas longitudinales de las conexiones Tipo 2.

Los estribos extras son recomendados donde las varillas longitudinales de la columna están dobladas dentro de la unión para resistir la tensión que surge de la tendencia de enderezar los dobleces, que es distinto de las acciones presentes dentro del nudo en condiciones típicas donde las varillas de las columnas son continuas.

2.1.4.2.- Refuerzo transversal en el nudo

La transmisión de la carga axial de la columna a través de la región del nudo, y la transmisión de la demanda de cortante de las columnas y vigas hacia el nudo, requiere adecuar el confinamiento lateral del núcleo del nudo con refuerzo transversal, miembros transversales, o ambos, como está recomendado en las Secciones 2.1.4.2.a.- y 2.1.4.2.b.-

Los refuerzos transversales deben satisfacer los de la Sección 7.10 del ACI 318-11 (Refuerzo transversal para elementos en compresión) tal como fue modificada en esta sección.

2.1.4.2.a.- .Conexiones Tipo 1

2.1.4.2.a.i.- Cuando se utiliza el refuerzo transversal en espiral, el radio volumétrico ρ_s no debe ser menos que:

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yh}}$$

Ecuación 1

A_g = Área transversal bruta de la columna

A_c = Área del núcleo de la columna, medido desde los bordes exteriores de los estribos cerrados de confinamiento o de la espiral

f'_c = Resistencia especificada a la compresión del concreto en la conexión

f_{yh} = Esfuerzo de fluencia especificado para refuerzo espiral o transversal, pero no mayor que 60ksi (420 MPa).

2.1.4.2.a.ii.- Los refuerzos transversales horizontales, como están definidos en la Sección 2.1.4.2.a.iii.-, deberían estar provistos a través de toda la profundidad del nudo excepto para los lugares o en las direcciones definidas en la Sección 2.1.4.2.a.iv.-

2.1.4.2.a.iii.- Al menos dos capas de refuerzo transversal debe ser colocado entre el nivel superior e inferior del refuerzo longitudinal de la viga del miembro más alto que llega al nudo. El espaciamiento de los estribos o espirales medidos de eje a eje no debería exceder las 12 pulgadas (300mm). Si la unión viga-columna es parte del sistema primario para resistir cargas laterales no sísmicas, el espaciamiento eje a eje del refuerzo transversal no debe exceder las 6 pulgadas (150mm). Para facilitar la colocación del refuerzo transversal en los nudos. Tipo 1, se

pueden utilizar estribos en U o estribos divididos, siempre y cuando la longitud de desarrollo sea suficiente para resistir la resistencia a la fluencia del estribo.

2.1.4.2.a.iv.- Dentro de la altura del miembro menos alto que llega al nudo, dos excepciones de la Sección 2.1.4.2.a.iii.- son permitidas:

a.- Cuando llegan vigas por los cuatro lados del nudo y donde cada ancho de la viga tiene al menos $3/4$ del ancho de la columna y no deja más que 4 pulgadas (100mm) del ancho descubierto de la columna en cada lado de las vigas, la Sección 2.1.4.2.a.iii.- no necesita ser cumplida.

b.- Cuando llegan vigas a dos caras opuestas y donde cada ancho de la viga tiene al menos $3/4$ del ancho de la columna y no deja más que 4 pulgadas (100mm) del ancho de la columna en cualquiera de los lados de las vigas, el refuerzo transversal perpendicular a las dos caras cubiertas no necesitan satisfacer la Sección 2.1.4.2.a.iii.-. En la dirección perpendicular a las vigas debe colocarse el refuerzo transversal horizontal mencionado en la Sección 2.1.4.2.a.iii.-

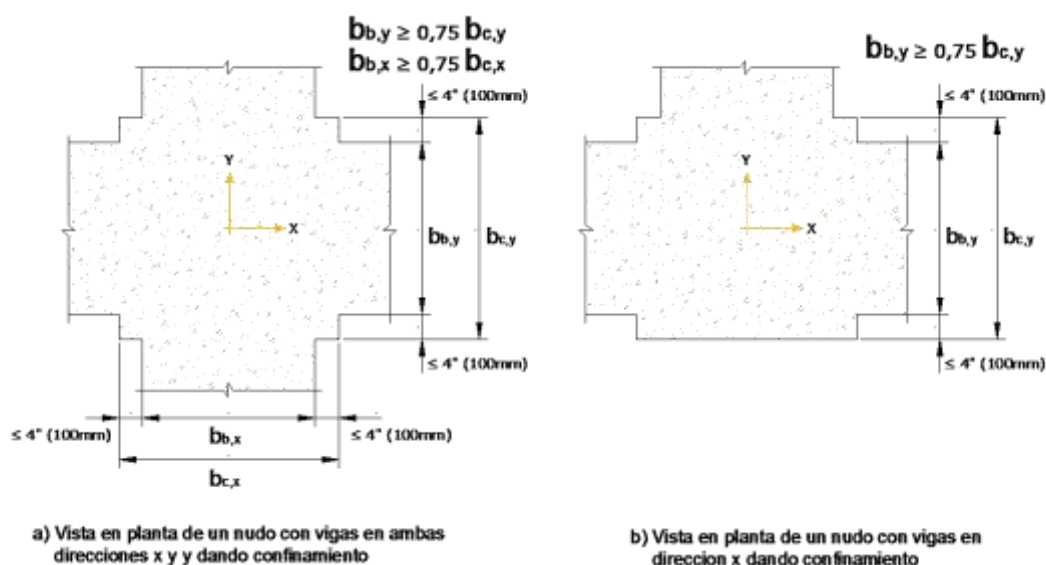


Figura 12 .-Definición de miembros para dar confinamiento lateral

2.1.4.2.a.v.- Para nudos de cubierta o techo, y para el cual el refuerzo discontinuo de la viga es el refuerzo longitudinal más cercano a la cara horizontal libre del nudo, el refuerzo transversal vertical debería ser previsto a lo largo de toda la altura de la unión. Se debe prever dos capas de refuerzo transversal vertical como mínimo entre las varillas longitudinales más exteriores de la columna. El espaciamiento debería cumplir con la Sección 2.1.4.2.a.iii. Para facilitar la colocación del refuerzo transversal vertical, se puede utilizar estribos en forma de U invertidas sin ganchos de 135 grados, previendo que la longitud del anclaje más allá de la capa más externa del refuerzo longitudinal discontinuo de la viga sea suficiente para desarrollar la resistencia a la fluencia en el estribo de acuerdo con las disposiciones del ACI 318-11 para el desarrollo de las varillas rectas en tensión.

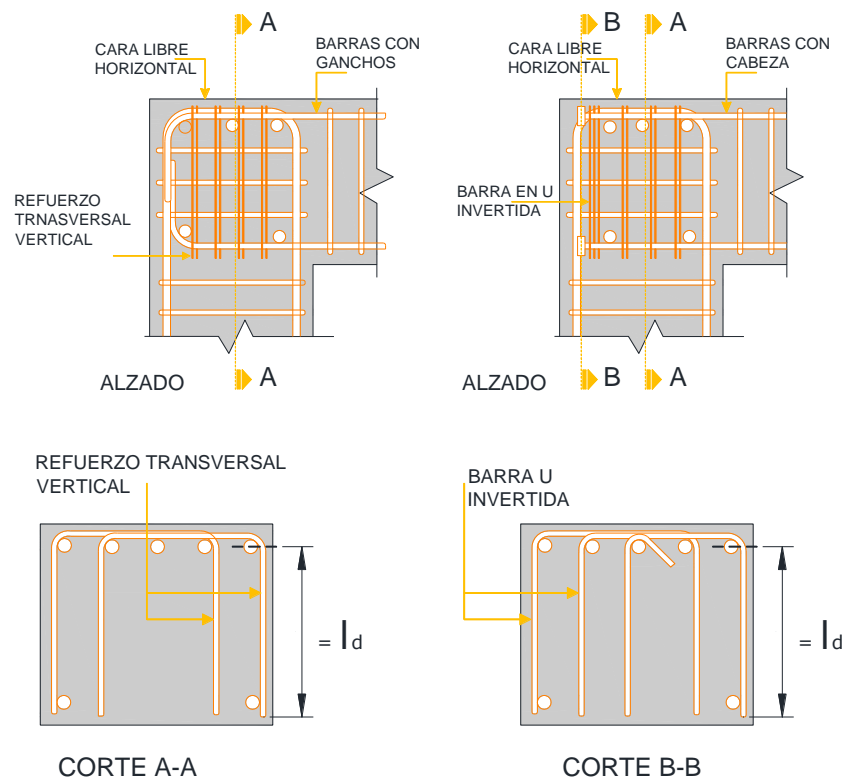


Figura 13.-Refuerzo transversal vertical en conexiones con columnas discontinuas

Como se define en el ACI 318-11, los ganchos de estribos o vinchas de 135° o de 90° deben ser de 6 veces el diámetro de la varilla o 75 mm mínimo.

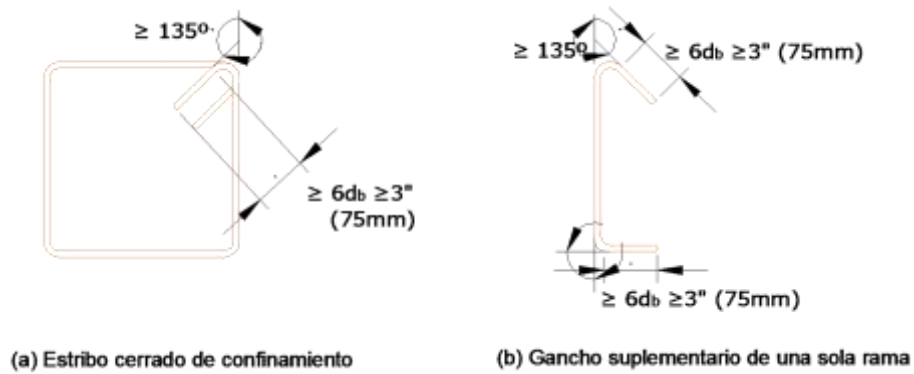


Figura 14 .-Dimensiones requeridas de refuerzo transversal

2.1.4.2.b.- Conexiones Tipo 2

2.1.4.2.b.i.- Cuando se utiliza refuerzo transversal en espiral, el radio volumétrico ρ_s no debe ser menor que

$$\rho_s = 0.12 \frac{f'_c}{f_{yh}}$$

Ecuación 2

Pero no debe ser menor que

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yh}}$$

Ecuación 3

A_g = Área transversal bruta de la columna

A_c = Área del núcleo de la columna, medido desde los bordes exteriores de los estribos cerrados de confinamiento o de la espiral

f'_c = Resistencia especificada a la compresión del concreto en la conexión

f_{yh} = Esfuerzo de fluencia especificado para refuerzo espiral o transversal, pero no mayor que 60ksi (420 MPa).

2.1.4.2.b.ii.- Cuando se utilizan estribos y vinchas de refuerzo como se define en el Capítulo 21 del ACI 318-11, el área total de la sección transversal en cada dirección de solo el estribo, estribos sobrepuestos, o estribos con vinchas del mismo tamaño deberían ser por lo menos igual a

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s_h b_c'' f'_c}{f_{yh}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

Ecuación 4

pero no debe ser menor a

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s_h b_c'' f'_c}{f_{yh}}$$

Ecuación 5

Donde:

A_{sh} = *Area total del refuerzo transversal de todas las ramas de los estribos cerrados de confinamiento, incluyendo los ganchos complementarios.*

S_h = *Espaciamiento eje a eje entre estribos cerrados de confinamiento, o entre estribos cerrados de confinamiento y ramas complementarias.*

b_c'' = *Dimension transversal del nucleo de una columna armada con estribos, medida entre los bordes exteriores de las varillas de refuerzo transversal, perpendicular al refuerzo transversal con area A_{sh} bajo estudio.*

f_{yh} = *Esfuerzo de fluencia especificado para refuerzo espiral o transversal, pero no mayor que 60ksi (420 MPa).*

A_g = *Area bruta de la seccion columna*

A_c = *Area del nucleo de la columna, medido desde los bordes exteriores de los estribos cerrados de confinamiento o de la espiral.*

2.1.4.2.b.iii.- Para conexiones compuestas de miembros que son parte del sistema primario para resistir cargas laterales sísmicas, el espacio de eje a eje entre las capas del refuerzo transversal horizontal (estribos o estribos más vinchas), s_h , no debería exceder el menor de 1/4 de la dimensión mínima de la columna, seis veces el diámetro de las varillas longitudinales de la columna, y 6 pulgadas (150mm).

$$s_h \leq \left(\begin{array}{c} \text{mínimo} \left[\frac{b_c}{4}, \frac{h_c}{4} \right] \\ 6d_b \\ 150 \text{ mm} \end{array} \right)$$

Expresión 2

Cuando se utilizan vinchas o estribos “U”, se deben colocar en cada capa del refuerzo transversal horizontal. El espaciamiento lateral de eje a eje entre las vinchas o patas sobrepuestas de estribos no deberían ser de más de 12 pulgadas (300mm), y cada extremo de la vincha debe abrazar una varilla perimetral de refuerzo longitudinal

2.1.4.2.b.iv.- Si una conexión está entre miembros que no son parte del sistema primario para resistir cargas laterales sísmicas, pero los miembros deben estar diseñados para sustentar reversiones de deformación en el rango inelástico de la compatibilidad de deflexión con el sistema primario, el espaciamiento vertical de eje a eje entre las capas del refuerzo transversal horizontal (estribos o estribos más vinchas), s_h no deben exceder el 1/3 de la mínima dimensión de la columna y 12 pulgadas (300mm). Cuando se utilizan vinchas, deberían ser previstas a cada capa del refuerzo horizontal.

$$s_h \leq \left(\begin{array}{c} \text{mínimo} \left[\frac{b_c}{3}, \frac{h_c}{3} \right] \\ 300 \text{ mm} \end{array} \right)$$

Expresión 3

- 2.1.4.2.b.v.- El refuerzo transversal horizontal, como está definido en la Sección 2.1.4.2.b.i. y 2.1.4.2.b.ii. debe ser previsto a menos que la nudo sea confinado en todos los lados por miembros estructurales que satisfagan las Sección 2.1.4.2.a.iv, o sea en ese caso el refuerzo no debería ser menos que la mitad de lo requerido en la Sección 2.1.4.2.b.i. y 2.1.4.2.b.ii. Las limitaciones en el espaciamiento en la Sección 2.1.4.2.b.iii. y 2.1.4.2.b.iv. aplica a pesar de las condiciones de confinamiento.
- 2.1.4.2.b.vi.- Todos los estribos deben ser cerrados con ganchos sísmicos como se define en la Sección 21.1 del ACI 318-11. Las vinchas deberían ser como se define en la Sección 21.1 del ACI 318-11. Los extremos de 90 grados de las vinchas adyacentes deben ser alternados con las caras opuestas de la columna, excepto para conexiones exteriores y de esquinas donde los ganchos complementarios siempre deberían ser usados en la cara exterior del nudo.
- 2.1.4.2.b.vii.- El refuerzo transversal horizontal, en cantidades especificadas en la Sección 2.1.4.2.b.i. y 2.1.4.2.b.ii., deben ser ubicados en la columna adyacente a la unión, en la longitud especificada en el Capítulo 21 del ACI 318-11.
- 2.1.4.2.b.viii.- Donde la terminación de las varillas de la viga son el refuerzo longitudinal más cercano a la cara horizontal libre de la unión con columna discontinua, estos deben ser incluidos dentro de los estribos

verticales. Los estribos deben extenderse a través de toda la altura de la unión. El área de las patas de los estribos verticales deberían satisfacer la Ecuación 5, usando el espaciamiento de los estribos longitudinales en lugar de s_h y la resistencia a la fluencia específica del estribo en lugar de f_{yh} . El espaciamiento de los estribos entre ejes no debería exceder el más pequeño entre $1/4$ del ancho de la viga, 6 veces el diámetro del avarilla longitudinal de la viga y 150mm.

$$\text{espaciamiento de los estribos longitudinales} \leq \left(\begin{array}{c} \frac{1}{4} b_b \\ 6d_b \\ 150 \text{ mm} \end{array} \right)$$

Expresión 4

Cada varilla de esquina y cada varilla alternada de viga en la capa más externa deben ser encerradas en estribos esquineros de 90 grados. Para facilitar la colocación del refuerzo transversal vertical, estribos en forma de “U” invertida sin ganchos en 135 grados pueden ser usadas siempre que la longitud de anclaje sea suficiente para desarrollar la resistencia a la fluencia del estribo de acuerdo con las disposiciones ACI 318-11 para el desarrollo de varillas rectas en tensión. La sección crítica para el anclaje de este refuerzo debe ser tomada de la parte más cercana de la línea central del refuerzo longitudinal de la viga a la cara confinada.

2.1.4.3.- Cortante en la unión para conexiones Tipo 1 y Tipo 2

2.1.4.3.a.- Para conexiones con vigas que llegan en dos direcciones perpendiculares, el corte horizontal en la unión debe ser chequeado independientemente en cada dirección. La fuerza del cortante de diseño V_u

debe ser calculada en un plano horizontal en la mitad de la altura del nudo teniendo en cuenta las fuerzas de corte en los perímetros del cuerpo libre del nudo así como la tensión normal y las fuerzas de compresión en los miembro que llegan al nudo. La siguiente ecuación debe ser satisfecha

$$\phi V_n \geq V_u$$

Ecuación 6

donde $\phi = 0.85$ y V_n , la fuerza de corte nominal de la unión, es

$$V_n = \gamma \sqrt{f'_c} b_j h_c \text{ (psi)}$$

$$V_n = 0.083\gamma \sqrt{f'_c} b_j h_c \text{ (MPa)}$$

Ecuación 7

V_n = Resistencia nominal de cortante del nudo.

V_u = Fuerza cortante de diseño en el nudo.

γ = Constante que dependo de la conexión y del tipo de la conexión.

f'_c = Resistencia especificada a la compresion del concreto en la conexión.

b_j = Ancho efectivo del nudo, transversal a la dirección del cortante.

h_c = Altura total de la columna.

Clasificación		Tipo de conexión	
		1	2
A.	Unión con columna continua		
A.1	Unión confinada efectivamente en las cuatro caras verticales.	24	20
A.2	Unión confinada efectivamente en tres caras verticales.	20	15
A.3	Otros casos.	15	12
B.	Unión con columna discontinua		
B.1	Unión confinada efectivamente en las cuatro caras verticales.	20	15
B.2	Unión confinada efectivamente en tres caras verticales.	15	12
B.3	Otros casos.	12	8

Tabla 1.- Valores de γ para conexiones viga-columna (Tomado de ACI 352 Table 1)



Figura 15 .- Conexión Tipo 2 (A.1)
 $\gamma=20$



Figura 16 .- Conexión Tipo 2 (A.2)
 $\gamma=15$



Figura 17 .- Conexión Tipo 2 A.3
 $\gamma=12$



Figura 18 .- Conexión Tipo 2 (B.1)
 $\gamma=15$



Figura 19 .- Conexión Tipo 2 (B.2)
 $\gamma=12$

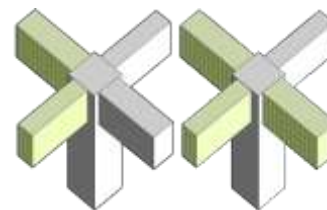


Figura 20 .- Conexión Tipo 2 (B.3)
 $\gamma=8$

Nota: Las vigas representadas por color verde, representa una viga con un ancho menor que $0.75 \cdot$ ancho de columna, un peralte menor $0.75 \cdot$ mayor peralte de todas las vigas, o que bien no existe en la conexión.

Donde la profundidad de la columna cambia en la unión y las varillas de la columna están desplazadas de acuerdo con la Sección 2.1.4.1, h_c debe ser considerado como el mínimo valor. Si la columna no tiene una sección transversal rectangular o si los lados del rectángulo no son paralelos a los tramos, debe ser considerado como una columna cuadrada teniendo la misma área.

El ancho de la unión efectiva b_j se lo puede obtener según lo indicado en el ACI 352R-02 o en el ACI 318-11.

Para el caso del ACI 353R-02 tenemos que b_j no debe exceder el mínimo de

$$b_j \leq \left(\begin{array}{c} \frac{b_b + b_c}{2} \\ b_b + \sum \frac{mh_c}{2} \\ b_c \end{array} \right)$$

Ecuación 8

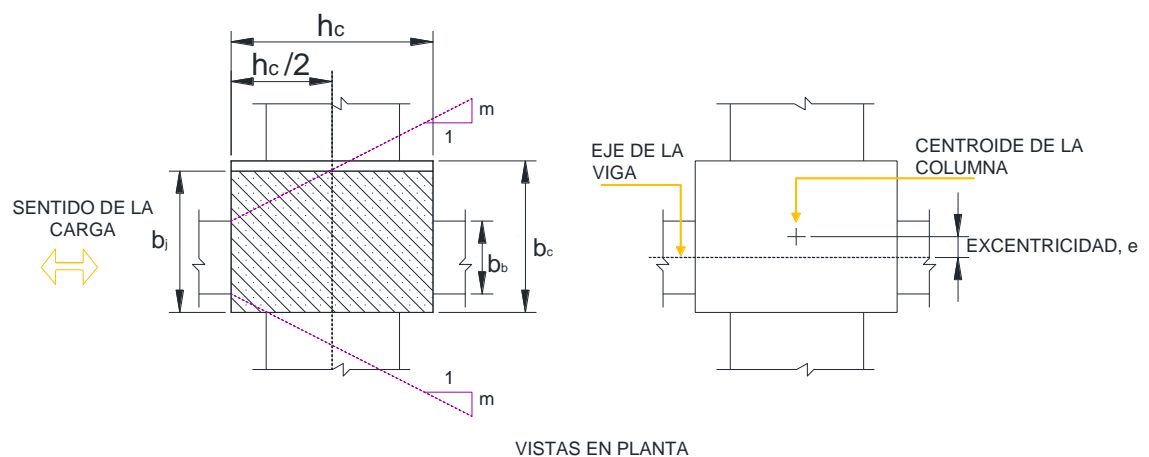


Figura 21 .- Ancho efectivo de nudo según ACI 352

El término b_b es el ancho de la viga longitudinal. Para nudos donde la excentricidad entre la línea central de la viga y el centroide de la columna excede $b_c/8$, $m=0.3$ debe ser usado; para todos los demás casos, $m=0.5$. El término de suma debe ser aplicado en cada lado de la unión donde los vértices de la columna se extienden más allá de los vértices de la viga. El valor de $mh_c/2$ no debe ser tomado mayor que la extensión de la columna más allá de los bordes de la viga. Si solo hay una viga en la dirección de la carga, b_b debe ser considerado igual al ancho de esa viga. Donde las vigas de diferentes espesores se enmarcan en lados opuestos de la columna en la dirección de la carga, b_b debería ser tomada como el promedio de los dos anchos.

La constante γ para la Ecuación 7 está dada en la Tabla 1 y depende de la clasificación de la conexión, y tipo de conexión.

En cambio para el ACI 318-11 en la Sección 21.7.4.1, el ancho de la unión efectiva b_j puede calcularse así:

$$b_j \leq \begin{pmatrix} b_b + h_c \\ b_b + 2x \end{pmatrix}$$

Ecuación 9

x = distancia más pequeña al borde de la columna.

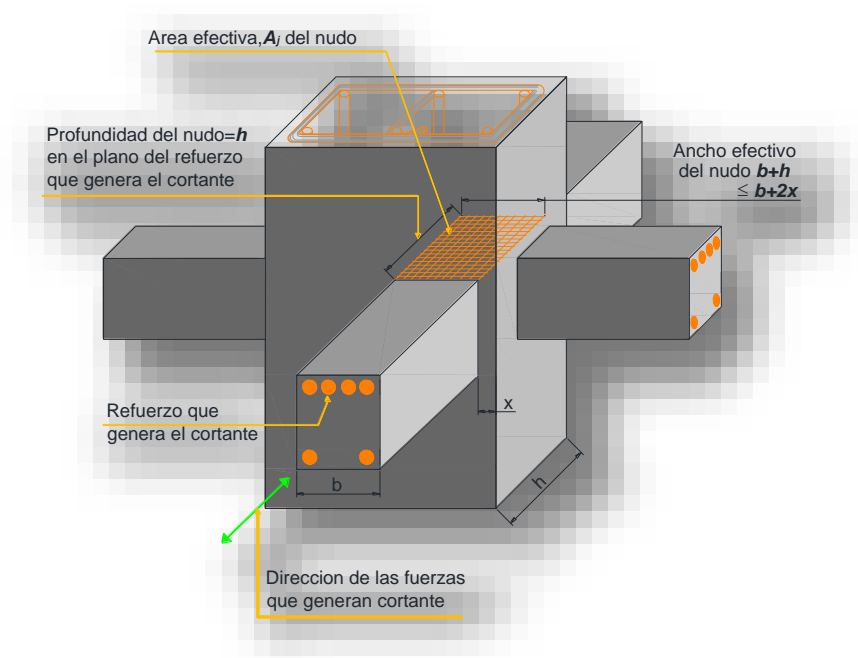


Figura 22 .- Ancho efectivo de nudo según ACI 318

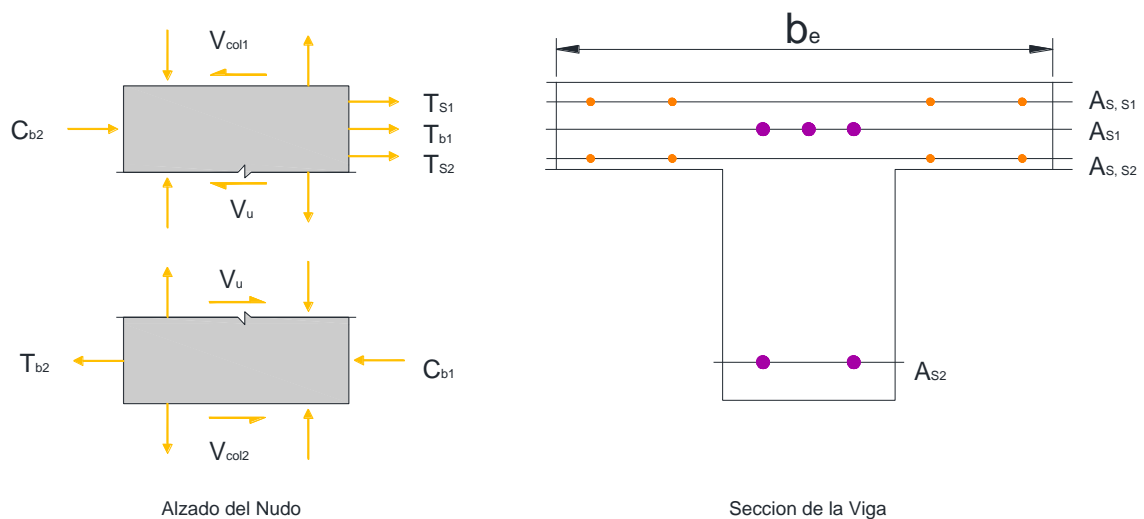
2.1.4.4.- Flexión

2.1.4.4.a.- La resistencia a la flexión de los miembros en la conexión debe incluir la participación de la losa tal como se define en la Sección 2.1.3.3.

2.1.4.4.b.- Para conexiones Tipo 2 que forman parte del sistema principal de resistencia sísmica, la suma de la resistencia nominal a flexión de las

secciones de la columna arriba y abajo del nudo, calculada usando la carga axial mayor que resulte en la menor resistencia a la flexión de la columna, no debe ser menor que 1.2 veces la suma de la resistencia nominal de las secciones de la viga en el nudo. Para conexiones con vigas llegando en dos direcciones perpendiculares, este requisito debe ser revisado independientemente en cada dirección. Esta verificación no es requerida en las conexiones a nivel de la cubierta de la edificación.

2.1.4.4.c.- Para conexiones Tipo 2 que no forman parte del sistema principal de resistencia sísmica, debe cumplirse la sección 21.13 de ACI 318-02 **.(Elementos pertenecientes a pórticos no diseñados para resistir fuerzas inducidas por los movimientos sísmicos)**



$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{c1}$$

donde:

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s,s1} + A_{s,s2})$$

$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2} \alpha f_y$$

(b) CONEXION TIPO 2

Figura 23 .-Evaluación del cortante horizontal del nudo

2.1.4.5.- Desarrollo de refuerzo

2.1.4.5.a.- Secciones críticas para el desarrollo del refuerzo longitudinal de los miembros

Para vigas, la sección crítica para el desarrollo del refuerzo, ya sea con gancho o con anclaje de cabezal, debe tomarse en la cara de la columna en conexiones Tipo 1 y en el borde exterior del núcleo confinado para conexiones Tipo 2. El borde exterior del núcleo confinado corresponde al borde exterior del refuerzo transversal del nudo. Para columnas, la sección crítica debe tomarse en el borde exterior del refuerzo longitudinal de viga que pasa por el nudo.

2.1.4.5.b.- Varillas con gancho que terminan en la conexión

2.1.4.5.b.i.- Los ganchos deben localizarse dentro de los primeros 50mm del núcleo confinado, más alejados de la sección crítica para desarrollo, como se define en la Sección 2.1.4.5.a. Para vigas con más de una capa de refuerzo a flexión, los extremos de los ganchos de las capas adyacentes deben localizarse dentro de $3d_b$ del extremo adyacente. Deben cumplirse los requisitos para longitud de desarrollo de la Sección 2.1.4.5.b.iii. para conexiones Tipo 1 y 2.1.4.5.iv. para conexiones Tipo 2. La longitud de desarrollo mínima l_{dh} tal como se define en las secciones siguientes no debe ser menor que el más pequeño de $8d_b$ y 150 mm.

2.1.4.5.b.ii.- Las extensiones en el extremo del gancho deben proyectarse hacia el centro del nudo.

2.1.4.5.b.iii.- Para las conexiones Tipo 1, la longitud de desarrollo ℓ_{dh} de una varilla terminando en un gancho estándar dentro del nudo debe calcularse de la siguiente manera

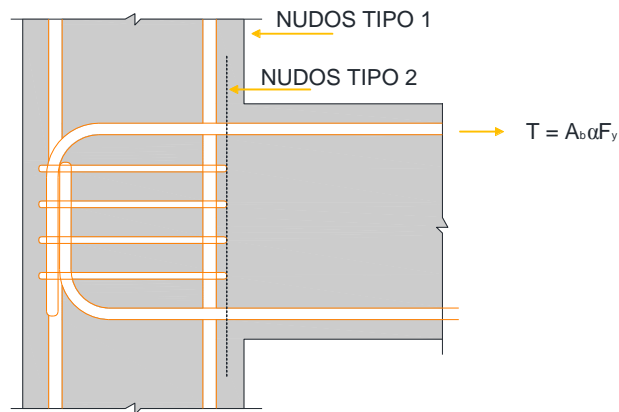


Figura 24 .-Sección crítica

$$\ell_{dh} = \frac{f_y d_b}{4.2 \sqrt{f_c'}}$$

Ecuación 10

a. Para varillas de 32 mm de diámetro y más pequeñas, si el recubrimiento lateral normal al plano del gancho es al menos 65 mm, y el recubrimiento en la extensión de la varilla más allá del gancho es al menos 50 mm, ℓ_{dh} , tal como lo define la Ecuación 9, puede multiplicarse por 0.7.

b. Para varillas de 32 mm de diámetro y más pequeñas, si el gancho está rodeado vertical u horizontalmente por estribos a lo largo de toda la longitud de desarrollo con un espaciamiento que no exceda 3 db, donde db es el diámetro de la varilla anclada, entonces ℓ_{dh} tal como se calcula con la Ecuación 9 puede multiplicarse por 0.8.

Para conexiones Tipo 2, las varillas que terminen dentro del núcleo confinado del nudo deben anclarse usando ganchos estándar de 90°. La longitud de desarrollo, medida desde la sección crítica como se define en 4.5.1, debe calcularse así

2.1.4.5.b.iv.- Para conexiones Tipo 2, las varillas que terminen dentro del núcleo confinado del nudo deben anclarse usando ganchos estándar de 90°. La longitud de desarrollo, medida desde la sección crítica como se define en 2.1.4.5.a., debe calcularse así

$$\ell_{dh} = \frac{\alpha f_y d_b}{6.2 \sqrt{f_c'}}$$

Ecuación 11

donde α es el coeficiente que multiplica el esfuerzo para refuerzo longitudinal en la interfase nudo- miembro de una conexión Tipo 2.

a. Si el refuerzo transversal en el nudo se coloca con un espaciamiento menor o igual a tres veces el diámetro de la varilla que se desarrolla, ℓ_{dh} , tal como se obtienen en la Ecuación 10, puede multiplicarse por 0.8.

b. En las conexiones exteriores, el refuerzo longitudinal de la viga que pasa por fuera del núcleo de la columna debe anclarse en el núcleo de la viga transversal siguiendo los requisitos de la Sección 2.1.4.5.b.iii.. La sección crítica para desarrollo de este refuerzo debe ser el borde exterior del núcleo de la viga.

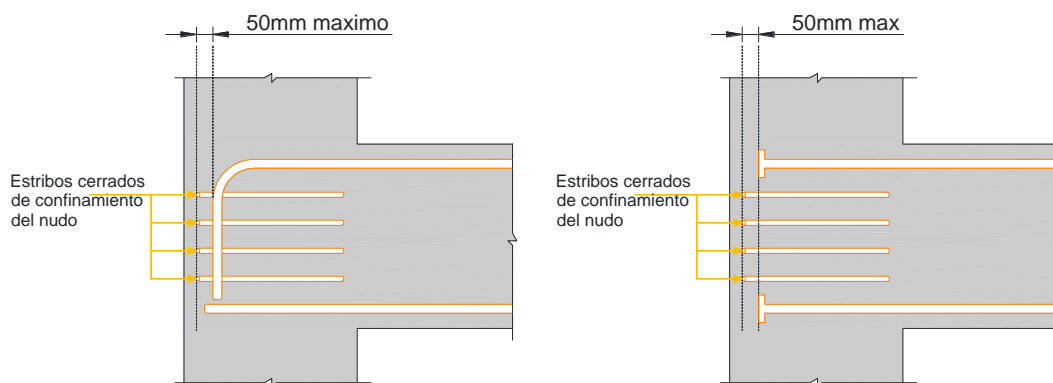


Figura 25.- Ubicación de ganchos y varillas con anclaje mecánico con cabezal

2.1.4.5.b.v.- Para múltiples capas de refuerzo, las varillas en cada capa deben seguir los requisitos de las Secciones 2.1.4.5.a. y 2.1.4.5.b. según corresponda.

2.1.4.5.c.- Varillas con cabezal que terminan en el nudo

2.1.4.5.c.i.- Las varillas con cabezal deben cumplir la norma ASTM A970.

2.1.4.5.c.ii.- Las cabezas de las varillas deben estar localizadas dentro del núcleo confinado a menos de 50 mm de la parte posterior del núcleo confinado. La longitud de desarrollo mínima ℓ_{dt} , como se define en las siguientes secciones, no debe ser menor que $8d_b$ o 150 mm.

2.1.4.5.c.iii.- Para conexiones Tipo 1 y Tipo 2, la longitud de desarrollo ℓ_{dt} de una varilla con cabeza debe tomarse como 3/4 del valor calculado para varillas con gancho usando la Ecuación 10.

Para varillas con cabeza adyacentes a la cara libre del nudo que tengan un recubrimiento lateral perpendicular al eje longitudinal de la varilla menor de $3d_b$, cada cabeza debe estar restringida por un estribo o rama de estribo cerrado de confinamiento que esté anclada en el nudo. Para varillas en conexiones Tipo 2 donde se esperan deformaciones inelásticas

significativas, la resistencia de la rama del estribo cerrado de confinamiento debe ser igual a 1/2 de la resistencia a la fluencia de la varilla que se desarrolla; o si no se esperan estas deformaciones inelásticas significativas, la resistencia de la rama de estribo cerrado de confinamiento debe ser igual a 1/4 de la resistencia a la fluencia de la varilla que se desarrolla. Si el recubrimiento lateral es mayor que $3d_b$, la fuerza de restricción debe ser determinada usando el procedimiento de diseño de ACI 349; sin embargo, debe colocarse siempre el refuerzo transversal mínimo requerido en la Sección 2.1.4.2.

2.1.4.5.d.- Varillas rectas terminando en conexiones Tipo 1.

La longitud de desarrollo de una varilla recta terminando en una conexión debe cumplir con las Secciones 12.2.1 a 12.2.4 de ACI 318-11. La varilla debe pasar dentro del núcleo del nudo. Cualquier porción de la longitud recta embebida requerida que se extienda fuera del núcleo confinado debe incrementarse en un 30%.

2.1.4.5.e.- Varillas de vigas y columnas que pasan a través de la conexión.

Para las conexiones Tipo 1, no se hacen recomendaciones. Para conexiones Tipo 2, cuando las columnas son más anchas que las vigas, todas las varillas rectas de vigas y columnas que pasan a través del nudo se deben seleccionar de tal manera que

$$\frac{h_{(columna)}}{d_{b(barras\ de\ vigas)}} \geq 20 \frac{f_y}{420} \geq 20 \text{ (MPa)}$$

y

$$\frac{h_{(viga)}}{d_{b(barras\ de\ columna)}} \geq 20 \frac{f_y}{420} \geq 20 \text{ (MPa)}$$

Para vigas anchas, el refuerzo longitudinal que pasa fuera del núcleo del nudo debe seleccionarse de tal manera que:

$$\frac{h_{(columna)}}{d_{b(barras\ de\ vigas)}} \geq 24 \frac{f_y}{420} \geq 24$$

Ecuación 13

Diámetro nominal de varilla	h mínimo para columna basado en el tamaño del refuerzo longitudinal de viga, ó, h mínimo para viga basado en el tamaño del refuerzo longitudinal de columna
mm (in)	mm (in)
8 (0.315)	160 (6.30)
10 (0.394)	200 (7.88)
12 (0.472)	240 (9.44)
14 (0.551)	280 (11.02)
16 (0.630)	320 (12.60)
18 (0.709)	360 (14.18)
20 (0.787)	400 (15.74)
22 (0.866)	440 (17.32)
25 (0.984)	500 (19.68)
28 (1.102)	560 (22.04)
32 (1.260)	640 (25.20)

Tabla 2 .-Peralte mínimo de columna o viga para conexiones Tipo 2

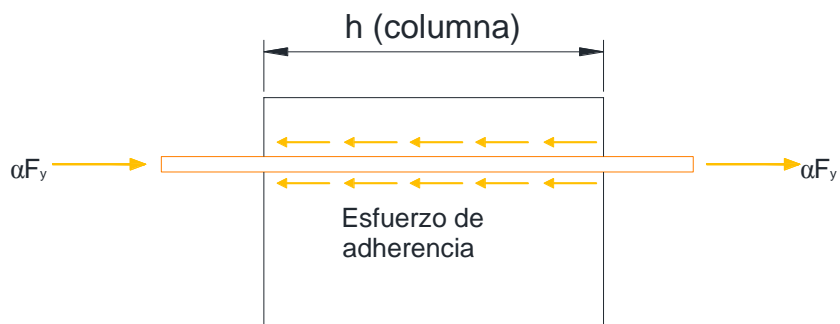


Figura 26 .- Adherencia de esfuerzo

2.1.4.6.- Refuerzo transversal de la viga

2.1.4.6.a.- En las conexiones Tipo 2, debe colocarse refuerzo transversal en las secciones adyacentes a los nudos de acuerdo con las Secciones 21.3.3.1 y 21.3.3.2 de ACI 318-11.

2.1.4.6.b.- En conexiones Tipo 2 de viga ancha en las cuales los esfuerzos cortantes en la viga calculados con base en la sección bruta sean menores que $0.17\sqrt{f'_c}$ (MPa), el espaciamiento máximo del refuerzo transversal, en la zona de articulación plástica de la viga, no debe ser mayor que el menor de $1/2$ la altura efectiva de la viga, 8 veces el diámetro de la varilla longitudinal ó 24 veces el diámetro del estribo. Deben utilizarse estribos múltiples o complementarios de tal forma que se proporcione un mínimo de cuatro ramas en la dirección del cortante.

2.2.- Diseño de conexiones Losa-Columna de hormigón

El diseño de las conexiones losa-columna se basa en el ACI 352.1R-89. El objetivo es determinar las proporciones y detalles con la intención de proveer un adecuado desempeño de la conexión losa-columna fundida en sitio. Estas recomendaciones satisfacen los requerimientos de servicio, resistencia y ductilidad.

Como se mencionó antes estas recomendaciones no aplican para construcciones multi-pisos en regiones de alto riesgo sísmicos cuando la losa es parte del sistema primario de resistencia de carga lateral.

2.2.1.- Definiciones (Obtenido de Cap. 2- ACI 352.1R-89)

Unión.- Parte de la columna con la altura de la losa incluyendo el ábaco y con una dimensión en planta igual a la de la columna en la intersección entre la columna y la parte inferior de la losa o ábaco.

Conexión.- La unión más la región entre la losa y vigas adyacente a la unión.

Capitel de columna.- Es la parte ensanchada de la columna debajo de la losa, fundida al mismo tiempo que la losa, y con una dimensión en planta efectiva asumida igual a la más pequeña entre: la dimensión real y la parte del capitel que se encuentra dentro del cono recto as grande o pirámide con un vértice de 90° que puede ser incluido dentro del contorno de la columna soportante.

Ábaco.- Es la porción más gruesa de la losa alrededor de la columna, con un espesor no menor que un cuarto del espesor de la losa, y con una extensión desde el eje de la columna a cada dirección principal no menor que un sexto de la longitud del vano entre ejes.

“Shear capital”.- Es la porción más gruesa de la losa alrededor de la columna que no satisface los requerimientos del ábaco.

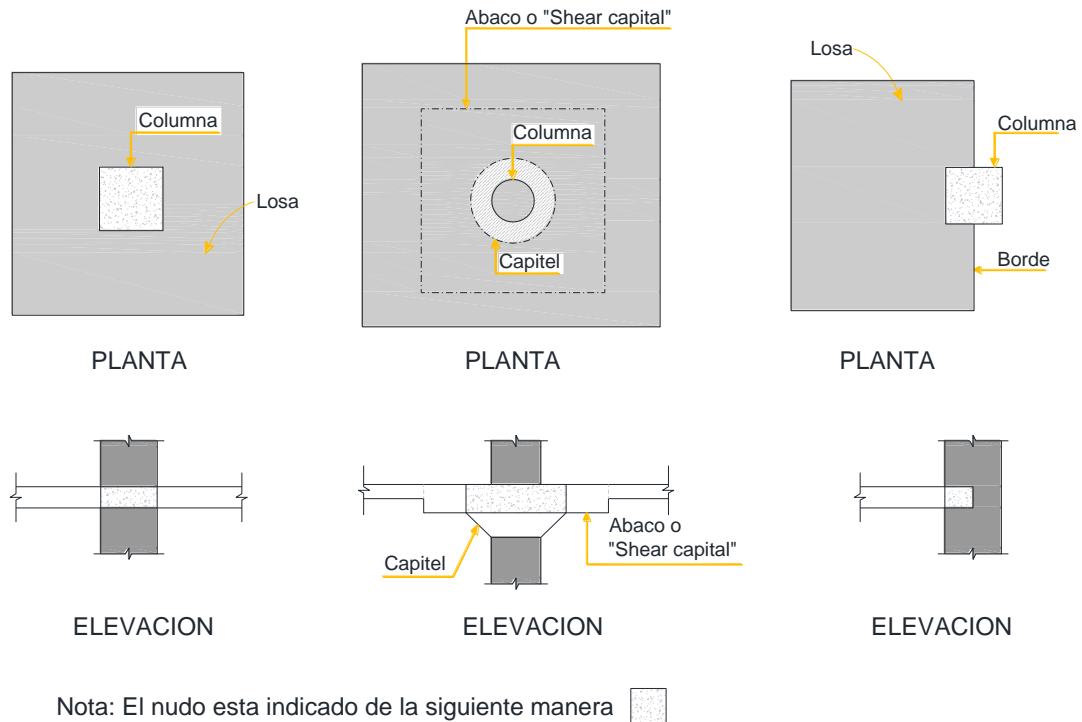
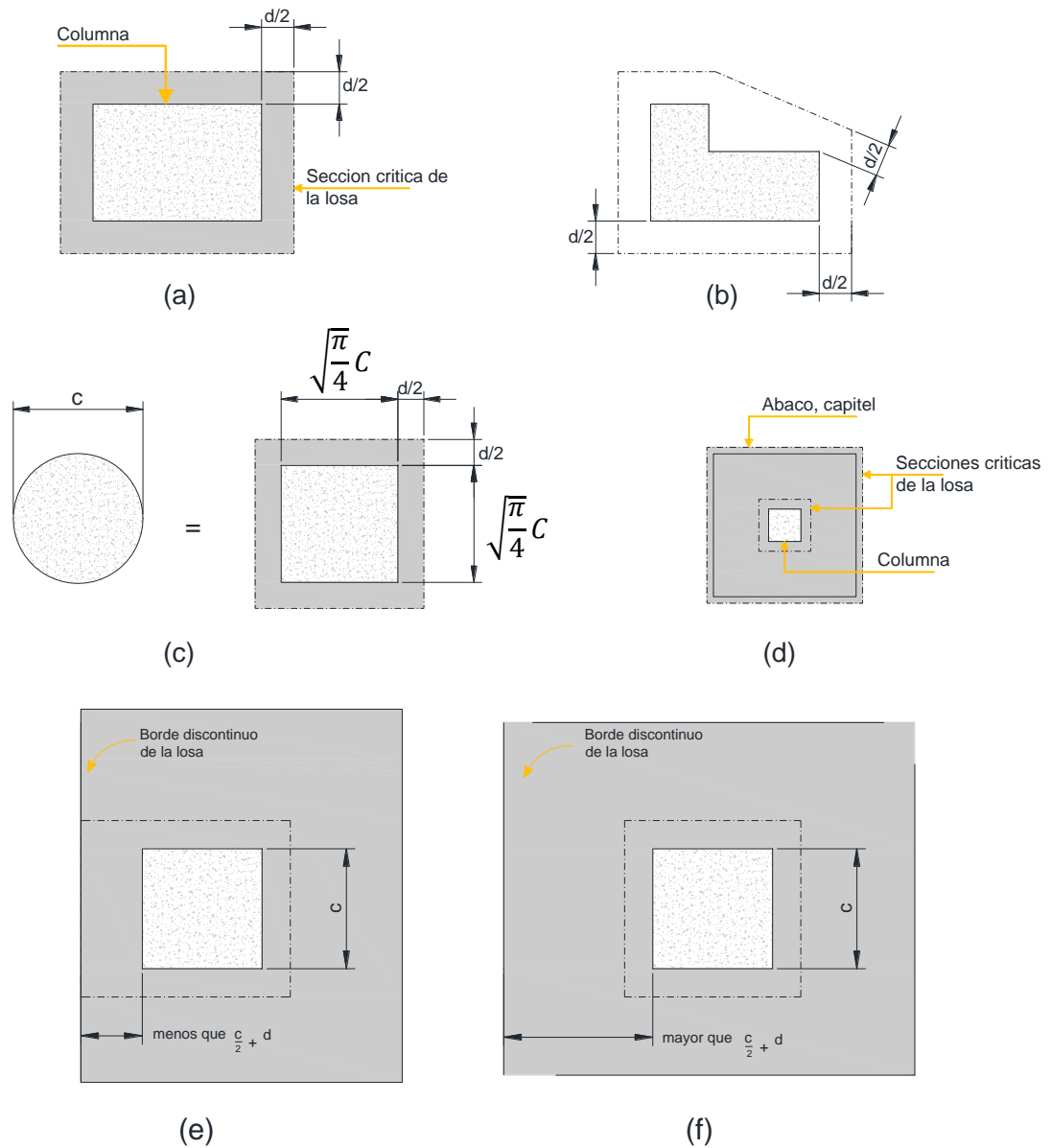


Figura 27.- Nudo en conexión losa- columna

Sección crítica de la losa.- Es una sección transversal de la losa cerca de la columna, con un espesor d perpendicular a la losa y extendida alrededor de la columna (incluido el capitel). Una sección crítica podría ser considerada alrededor de la columna de modo que su perímetro b_o es el mínimo posible, pero se encuentra localizado a $d/2$ de la cara de la columna y paralelo a los bordes de la columna. Para el caso de soportes circulares, la sección transversal debe ser reemplazada por un soporte cuadrado de igual área de sección transversal.

Dirección del momento.- Defino para ser paralelo al refuerzo a flexión para resistir ese momento. En el diseño y análisis de conexiones, los momentos se deben idealizar como que actúan en dos ejes ortogonales, en cuyo caso las direcciones ortogonales están definidas por los momentos.

Transferencia de momento.- Es la porción de la transferencia del momento total de la losa al elemento de soporte en la conexión. La transferencia de momento es idéntica a la concepción de momento desbalanceado definido en el ACI 318.



Nota: Para conexiones exteriores, la sección crítica de la losa deben extenderse hasta el borde de la losa como se muestra en (e) si dicha extensión reduce el perímetro de la sección crítica. De lo contrario, la sección crítica de la losa es como se muestra en (f).

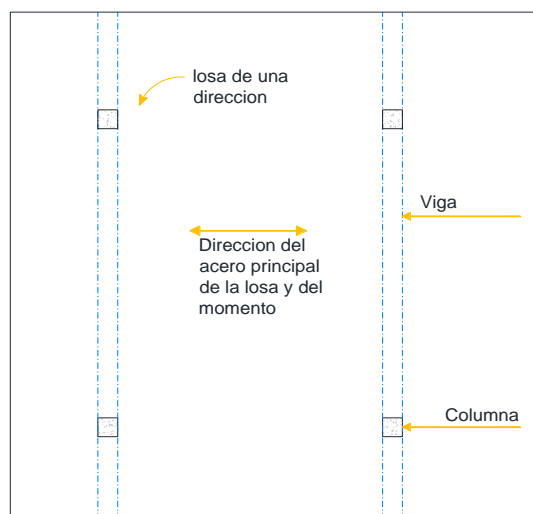
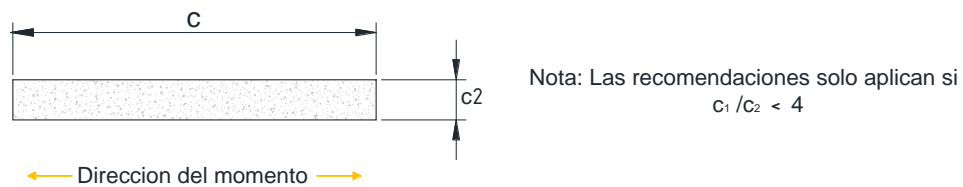
Figura 28.- Secciones Críticas de losa

2.2.2.- Clasificación de las conexiones losa-columna (Obtenido de Cap. 2- ACI 352.1R-89)

Las conexiones están clasificadas según la geometría dada en la Sección 2.2.2.1.- y de acuerdo al desempeño anticipado en la Sección 2.2.2.2.-

2.2.2.1.- Clasificación de unión losa-columna por geometría

Una conexión losa-columna es una conexión exterior si la distancia desde cualquier borde discontinuo a la cara de soporte más cercana es menos que cuatro veces el grosor de la losa. Una conexión de borde es una conexión exterior por lo que un borde discontinuo está localizado solo a una cara de soporte. Una conexión de esquina es una conexión exterior en la cual los bordes discontinuos están localizados adyacentes a las dos caras de soporte. Una abertura vertical de la losa ubicada más próxima que cuatro veces el grosor de la losa a la cara del soporte debería ser clasificada como soporte discontinuo si las líneas radiales proyectadas desde el centroide del área de soporte a los perímetros de la abertura encierra una longitud de la sección crítica de la losa que exceda la dimensión de soporte adyacente. Una conexión no definida como una conexión exterior es considerada una conexión interior.



PLANTA

Figura 29 .- Límite del radio columna/losa - Dirección de momento

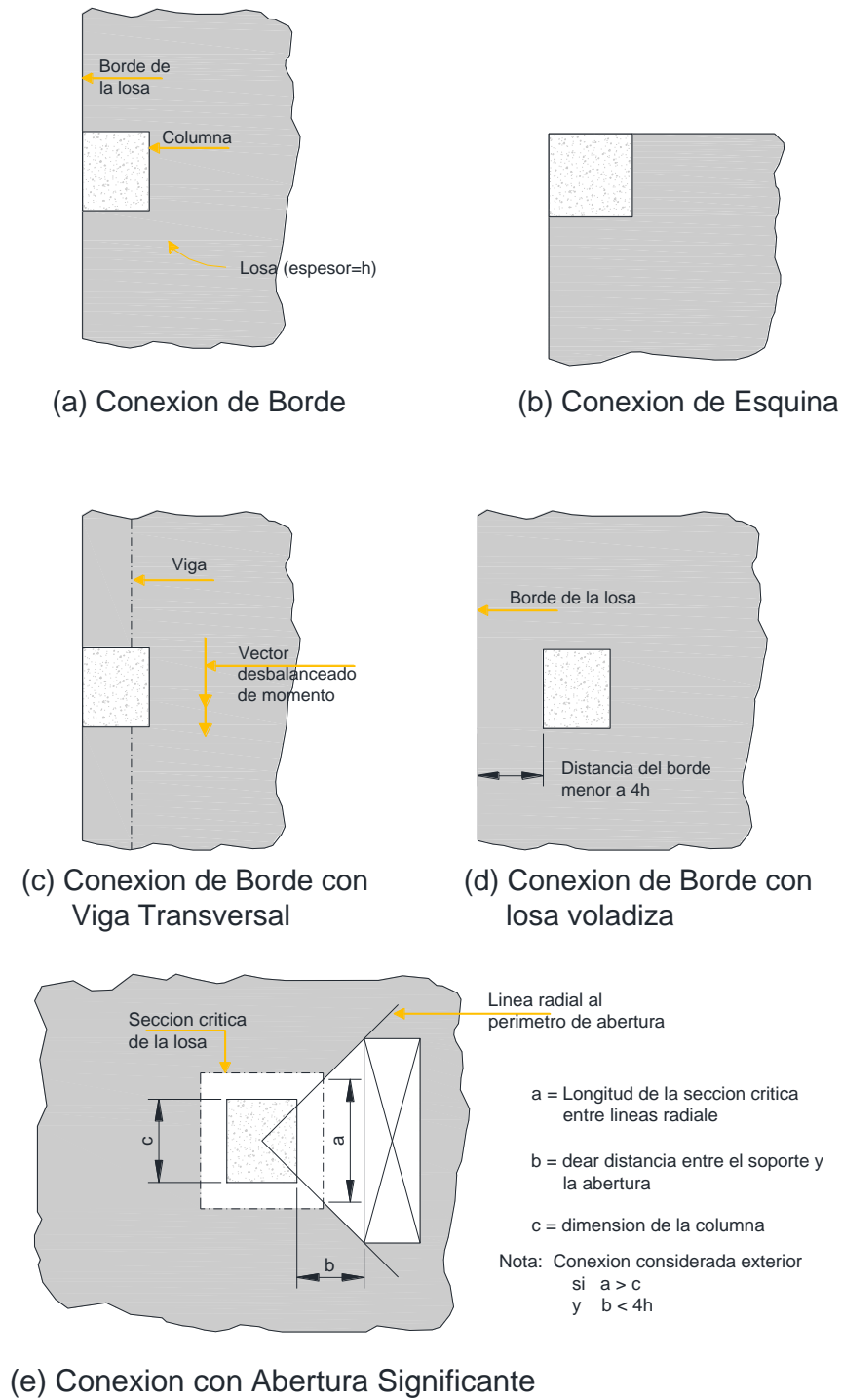


Figura 30.- Conexiones exteriores

2.2.2.2.- Clasificación de unión losa-columna por desempeño

Una conexión es clasificada o como Tipo 1 o como Tipo 2 dependiendo de las condiciones de carga de la conexión:

Tipo 1

Una conexión entre elementos que están diseñados para satisfacer los requerimientos del ACI 318-11 de esfuerzos y servicialidad límite y que no se esperan deformaciones en el rango inelástico durante su vida de servicio.

Tipo 2

Una conexión entre elementos que está diseñada para satisfacer los requerimientos del ACI 318 de esfuerzos y servicialidad y que se requiere que posea resistencia sostenida bajo deformaciones moderadas en el rango inelástico incluyendo pero no limitando las conexiones sujetas a cargas reversas.

2.2.3.- Consideraciones de diseño (Obtenido de Cap. 3- ACI 352.1R-89)**2.2.3.1.- Desempeño de la conexión**

La conexión debe ser proporcionada para condiciones de servicio, resistencia y ductilidad para resistir las acciones y fuerzas especificadas en las consideraciones de diseño.

2.2.3.2.- Tipos de acciones en la conexión

El diseño debe tener en cuenta efectos simultáneos de cargas axiales, cortantes, momentos flectores y torsión aplicadas a la conexión como consecuencia de las cargas externas, asentamientos, contracciones, temperatura y movimientos de las cimentaciones. Cargas correspondientes a la construcción y durante su vida de servicio deberían ser consideradas también.

La transferencia de momento en cualquier eje principal debería ser incluida en la evaluación de la resistencia de la conexión si el radio entre el momento de transferencia factorado y el cortante de la losa factorado en la sección crítica de la losa excede $0.2d$,

donde d es el espesor efectivo de la losa. El momento debe ser tomado en el centroide geométrico de la sección crítica de la losa definido en la Sección 2.2.2.1.-. Donde momentos axiales son transferidos al soporte, la limitación de $0.2d$ puede ser aplicada independientemente en ambos ejes principales de la conexión.

2.2.3.3.- Determinación de las fuerzas de la conexión

Las fuerzas en la conexión pueden ser determinadas por cualquier método que satisfaga los requerimientos de equilibrio y compatibilidad geométrica para la estructura. Los efectos dependientes del tiempo deberían ser evaluados.

Para cargas normales gravitatorias, se debería satisfacer la obtención de fuerza con los métodos de diseño directo o el método de pórtico equivalente del ACI 318. Para losas uniformemente cargadas, los cortantes de losa en el primer soporte interior debe ser tomado no menos que 1.2 veces los valores del área tributaria al menos que un análisis de compatibilidad muestren que valores más pequeños son apropiados.

Para cargas laterales deben ser considerados efectos de fisura, compatibilidad y cargas verticales actuando a través de desplazamientos laterales. (Efecto P-delta)

2.2.4.- Métodos de análisis para de determinación de la resistencia de la conexión (Obtenido de Cap. 4- ACI 352.1R-89)

2.2.4.1.- Principios generales y recomendaciones

La resistencia a la conexión puede ser determinada por cualquier método que satisfaga los requerimientos de equilibrio y compatibilidad geométrica y que considere la resistencia límite de la losa, la columna y la unión. En lugar de un análisis general la resistencia de la losa incluida en la conexión puede ser determinada de acuerdo a los seguimientos dados en las Secciones 2.2.4.2.-, 2.2.4.3.-, 2.2.4.4.- y la resistencia de la unión puede ser determinada de acuerdo a la Sección 2.2.4.5.-

2.2.4.2.- Conexiones sin vigas

2.2.4.2.a.- **Conexiones transfiriendo cortante**

El esfuerzo de cortante V_o en ausencia de transferencia de momento es dado por

$$V_o = \phi V_n \text{ donde } V_n = C_v V_c$$

Ecuación 14

en la cual $\phi = 0.85$, V_n = resistencia al corte nominal, V_c = resistencia al corte básico soportada por el hormigón y C_v = es el producto de todos los factores de modificaciones apropiados dados en la Tabla 3 y debe ser tomado igual a 1.0 si ninguno de los factores de modificación de la Tabla 3. son aplicables.

$$V_c \left(2 + \frac{4}{\beta_c} \right) \sqrt{f'_c} A_{cs} \leq 4A_{cs} \sqrt{f'_c}$$

Ecuación 15

en el cual β_c = radio de la dimensión de la sección transversal larga a corta de la columna soportante, A_{cs} = área de la sección transversal de la sección crítica de la losa = $b_o d$, y f'_c = resistencia del hormigón a la compresión en unidades de psi y que no exceda los 6000 psi.

Condición	Factor de Modificación
Todos los hormigones de peso ligero	0.75
Hormigones de peso ligero con arena	0.85
Fluidez anticipada a la flexión en la losa, incluye todas las conexiones Tipo 2	0.75
$20 < b_o/d \leq 40$	0.75
$b_o/d > 40$	0.5

Tabla 3.- Factores de modificación para resistencia básica de cortante

2.2.4.2.b.- **Transferencia de corte y momento en la conexión**

La fracción de transferencia de momento dada por

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3}\sqrt{\beta_{cr}}}$$

Ecuación 16

debe ser considerada resistente al esfuerzo de corte que actúa sobre la sección crítica de la losa. En la Ecuación 16, β_{cr} es el radio de las longitudes de los lados de la sección crítica de la losa medida paralela y transversalmente a la dirección del momento transferido, respectivamente. El esfuerzo cortante debido a la transferencia de momento debe ser asumido para que varíe linealmente sobre el centroide de la sección transversal de la losa. La suma algebraica de los esfuerzos cortantes debido a los cortes directos y momentos transferidos no deben exceder el valor de V_o/A_{cs} .

Las conexiones de esquinas, y conexiones de bordes transfieren momentos solo perpendicularmente a los bordes de la losa, puede asumirse que tiene la fuerza de corte adecuada si el factor directo de corte transferido a la columna no excede $0.75 V_o'$ con V_o definido por la Ecuación 14.

Conexiones soportadas sobre las columnas teniendo un radio de dimensión de la sección transversal larga a corta menor que o igual a dos puede asumirse que tiene la fuerza de corte adecuada para transferir la conexión de corte factorizada y momento si

$$V_o \geq V_u + \alpha \frac{M_{ub1} + M_{ub2}}{b_o}$$

Ecuación 17

en la cual b_o = perímetro de la sección crítica de la losa, V_u = corte directo factorizado en la sección crítica de la losa, y M_{ub1} y M_{ub2} son los momentos factorizados transferidos simultáneamente al soporte en las dos direcciones principales del centroide geométrico de la sección crítica de la losa. Para conexiones exteriores, los momentos perpendiculares a los bordes de la losa deben ser tomados igual a cero en la Ecuación 17 si

V_u no excede $0.75 V_o'$, con V_o definido por la Ecuación 14. El valor de α debe ser considerado igual a 5 para conexiones interiores y 3.5 para conexiones de borde.

Para todas las conexiones Tipo2, el corte máximo actuando sobre la conexión en conjunción con el momento inelástico transferido no debe exceder $0.4 V_c$.

2.2.4.2.c.- Flexión

El refuerzo a la flexión en la losa debe ser provisto para soportar el momento transferido a la conexión de acuerdo con la Sección 2.2.5.1.

2.2.4.3.- Conexiones con vigas transversales

Si la conexión tiene vigas transversales al vano de la losa, la transferencia de esfuerzo de corte y momento de la conexión debe considerarse de la siguiente manera:

2.2.4.3.a.- **El diseño del esfuerzo de corte es la menor de las siguientes:**

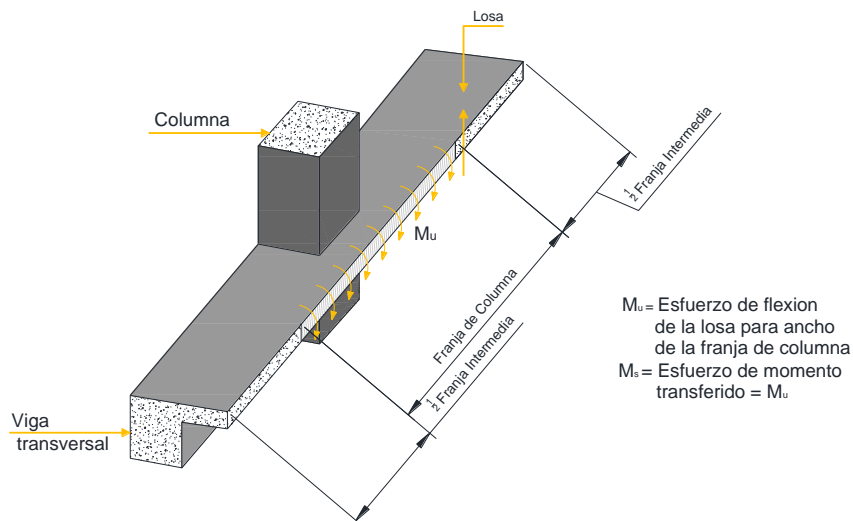
El diseño del esfuerzo de corte limitado por la acción de la viga como una sección crítica extendida a través del ancho entero de la losa en un plano paralelo a la viga y localizado a una distancia de la cara de la viga d , donde d es la altura efectiva de la losa. Para esta condición el diseño del esfuerzo de corte es calculada de acuerdo al ACI-318 para vigas.

El diseño de esfuerzo de corte limitado por la suma de diseño de esfuerzo de corte de solamente las vigas transversales. El diseño del esfuerzo de corte de las vigas transversales a una distancia d_{beam} de la cara del soporte debe ser calculado considerando la interacción entre el corte y la torsión donde d_{beam} es el peralte efectivo de la viga.

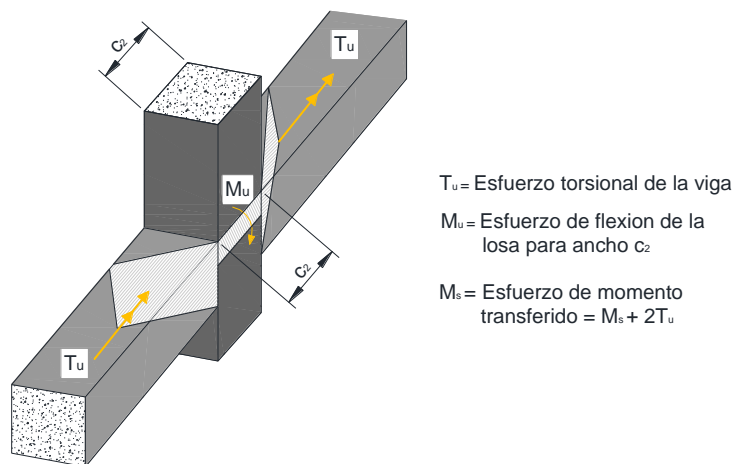
2.2.4.3.b.- **El esfuerzo de momento de transferencia es el más pequeño de los siguientes:**

El esfuerzo de diseño a flexión de la losa en la cara del soporte sobre un ancho igual a la franja de la columna.

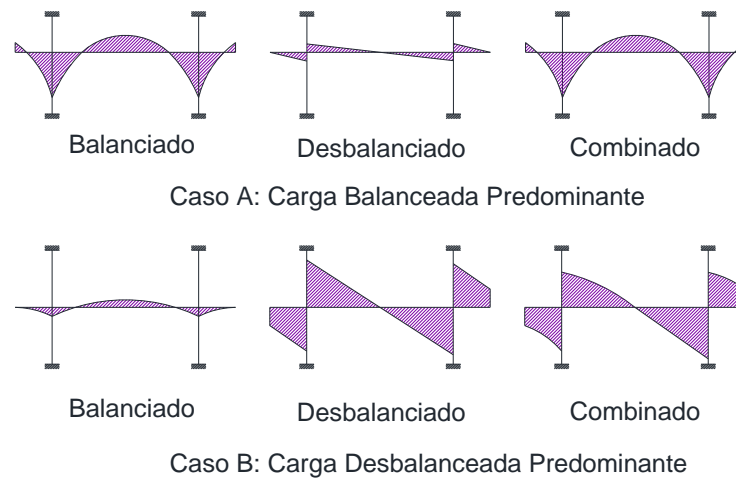
La suma de los esfuerzos del diseño a flexión de la losa y de los diseños de esfuerzo torsional de las vigas transversales. El esfuerzo de diseño a flexión de la losa es calculado sobre un ancho igual que el de la cara de soporte.



(a) Esfuerzo Limitado por la Capacidad de la Losa en la Franja de Columna



(b) Esfuerzo Limitado por las Capacidades Combinadas de Flexo-Torsion



2.2.4.4.- Efecto de aberturas

Cuando aberturas perpendiculares al plano de la losa están localizadas más próximas a la sección crítica de la losa que cuatro veces su espesor, el efecto de esas aberturas debe ser tomado en cuenta. Esto debe ser hecho utilizando un análisis general que satisfaga los requerimientos de equilibrio y compatibilidad. En lugar de un análisis general, la Sección 2.2.4.2.- y 2.2.4.3.- deben seguir como apropiadas, excepto esas porciones de la sección crítica de la losa encerradas entre las líneas desde el centroide del área de soporte a los bordes más extremos de la apertura que deben considerarse inefectivas. La excentricidad del corte aplicado causado por la apertura debe ser tomada también en cuenta, excepto donde la longitud inefectiva de la sección crítica de la losa es menor bien a d o a la mitad de la longitud de la cara de soporte adyacente. La columna debe ser considerada el soporte incluyendo el capitel de la columna si la sección crítica en consideración es adyacente a la columna, y debe ser considerado el corte de capitel o el ábaco si la sección crítica en consideración es adyacente al corte de capitel o al ábaco.

2.2.4.5.- Resistencia de la unión

2.2.4.5.a.- Compresión Axial

Si el diseño de esfuerzo a compresión del concreto en la columna es menor o igual que 1.4 veces el de sistemas de pisos el esfuerzo axial a compresión en el nudo puede ser asumido igual al esfuerzo a la columna debajo del nudo. Caso contrario el esfuerzo axial debe ser determinado de acuerdo a la Sección 10.10 del ACI-318-11. El refuerzo longitudinal de la columna debe ser continuo a través de la unión con o sin traslapes y la unión debe ser confinada como se especifica en la Sección 2.2.5.2.-

2.2.4.5.b.- Cortante

Cálculos del cortante para las conexiones losa-columna los esfuerzos de corte en las uniones no son requeridos.

2.2.5.- Requisitos del refuerzo (Obtenido de Cap. 5- ACI 352.1R-89)

2.2.5.1.- Refuerzo de la losa para transferencia de momento

2.2.5.1.a.- Conexiones Interiores.

Se requiere refuerzo en cada dirección para ser resistido el momento $\gamma_f M_{ub}$ donde $\gamma_f = 1 - \gamma_v$, debería colocarse entre líneas $1.5h$ en cada lado de la columna, (incluido el capitel), donde:

M_{ub} = Momento transferido a la columna en cada dirección principal.

h = espesor de la losa incluido el ábaco.

γ_f = fracción del momento transferido por flexión.

El refuerzo debe ser anclado para desarrollar las fuerzas de tracción en la cara del soporte. El refuerzo colocado para resistir los momentos flectores de la losa o colocado

como refuerzo para la integridad estructural puede ser asumido efectivamente para transferencia de momento.

2.2.5.1.b.- **Conexiones Exteriores.**

Para resistir la transferencia de momento paralela al borde de las conexiones, se debería seguir las instrucciones para conexiones interiores. Para resistir la transferencia de momentos perpendicular al borde incluyendo las conexiones de esquina, debe ser colocado suficiente refuerzo con un ancho de $2c_t + c_2$ centrados a la columna, para resistir el momento total a ser transferido a la columna en el centroide de la sección crítica de la losa.

2.2.5.1.c.- **Refuerzo superior de losa**

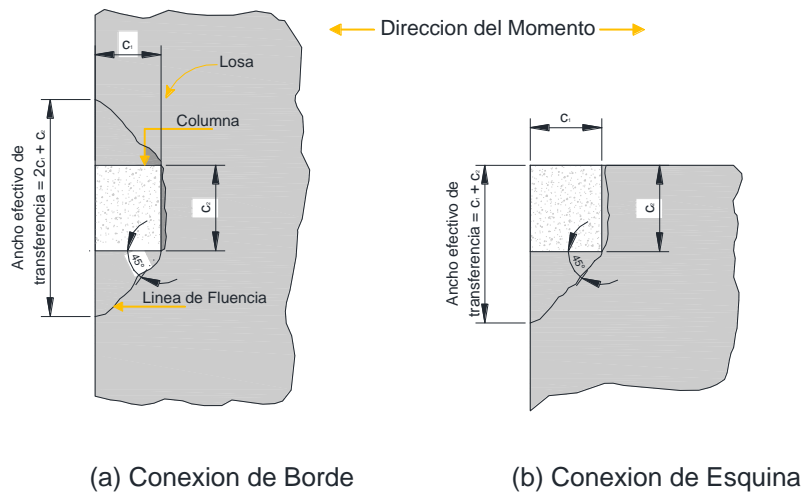
Al menos dos de las varillas superiores principales de la losa en cada dirección debe pasar dentro del armado de la columna. El máximo espaciamiento del refuerzo a flexión de la losa en ambas direcciones no debe exceder dos veces el espesor de la losa.

2.2.5.1.d.- **Refuerzo inferior de losa**

El refuerzo continuo inferior de la losa debe ser proporcionado con la conexión de acuerdo a lo siguiente:

Donde el análisis indique que el momento positivo de la losa se desarrolle en la conexión, suficiente refuerzo inferior debe ser provisto en la franja de la columna para resistir el momento calculado.

Donde la transferencia de momento por si sola desarrolle momentos positivos de losa, y del máximo esfuerzo de corte en la sección crítica de la losa debido a la transferencia de momento calculada de acuerdo a la Sección 2.2.4.2.b.- excede $0.4V_o/A_{cs}$, o cuando la cantidad



$5(M_{ub1} + M_{ub2})/B_o V_u$ calculada de acuerdo a la Sección 2.2.4.2.b.- excede 0.6, el refuerzo inferior debe ser provisto en ambas direcciones. El valor de $\rho' f_y$ por lo que el refuerzo entre líneas $2h$ a ambos lados de la columna en cada dirección no debe ser menos a 100 psi, donde ρ' es el refuerzo radial del refuerzo inferior de la losa.

La integridad estructural del refuerzo debe ser provisto de acuerdo a las previsiones de la Sección 2.2.5.3.-.

Donde el refuerzo inferior es ubicado para satisfacer las recomendación de la Sección 2.2.5.3.a.- la suma del refuerzo superior e inferior entre el ancho $c_2 + 3h$ no debe exceder los tres cuartos del refuerzo balanceado calculado para el área teniendo un ancho total de $c_2 + 3h$ y una profundidad d , a menos que el refuerzo de flexión superior e inferior pueda desarrollarse entre la columna.

En los bordes discontinuos o en las conexiones exteriores, todo refuerzo superior de la losa perpendicular al borde debe ser anclado para desarrollar el esfuerzo de fluencia en la cara de la columna, y el borde debe ser reforzado para satisfacer las recomendaciones de la Sección 2.2.5.1.

Una viga debe ser provista teniendo el peralte igual a o mayor a la altura de la losa y teniendo refuerzo longitudinal y estribos diseñados para resistir la torsión transmitida por

los bordes discontinuos de la losa. El refuerzo transversal debe extenderse una distancia no menos que cuatro veces el espesor de la losa por ambos lados del soporte y debe tener un espaciamiento de no más de $0.5d_{beam}$ donde d_{beam} es el peralte efectivo de la viga, excepto que no debe estar espaciado a menos de 0.75 veces la altura efectiva de la losa.

Una viga eficaz dentro del espesor de la losa y el refuerzo de refuerzo de la losa debe ser proporcionada. Para esta viga eficaz, dentro de una distancia no menor al doble del espesor de la losa en ambos lados del soporte, el refuerzo superior perpendicular al borde debe tener un espaciamiento de no menos de 0.75 veces el espesor efectivo de losa y debe tener ganchos de 180° con extensiones regresando a lo largo de la cara inferior de la losa a una distancia no menor a l_d' , como se define en la Sección 2.2.5.4.e.-. Al menos cuatro varillas, de diámetro no menor que el diámetro de las varillas principales de la losa, debe ser colocado paralelo al borde discontinuo como se indica a continuación: Dos de la varillas deben ser varillas superiores, una a lo largo del borde la losa y una no menor a $0.75c_l$ y no mayor a c_l del borde de la losa. Las otras dos varillas deben ser varillas inferiores, ubicadas de manera que las varillas estén directamente abajo de cada una de las dos varillas superiores.

2.2.5.2.- Recomendaciones para la unión

2.2.5.2.a.- Refuerzo longitudinal de Columna.

El refuerzo longitudinal de la columna pasando a través de la unión debe satisfacer las Secciones 10.9.1 y 10.9.2 del ACI-318-11. Los desplazamientos que satisfagan los requerimientos del ACI-318 están permitidas dentro de la unión.

En adición, el refuerzo de la columna para conexiones Tipo 2 deben ser distribuidas alrededor del perímetro del centro de la columna. El espaciamiento de eje a eje entre varillas longitudinales adyacentes no debe exceder el largo de 8 pulgadas o un tercio de las

dimensiones de la sección transversal de la columna en la dirección por la cual el espaciamiento ha sido determinada.

2.2.5.2.b.- **Refuerzo Transversal.**

Conexiones Tipo 1.

El refuerzo transversal no es requerido para conexiones interiores. Para conexiones exteriores, el refuerzo transversal horizontal de la unión debe ser provisto. Dentro del espesor de la losa más el ábaco, el refuerzo debe satisfacer la Sección 7.10 del ACI-318-11, con las siguientes modificaciones:

Al menos una capa de refuerzo transversal debe ser provisto entre los niveles superiores e inferiores del refuerzo longitudinal de la losa.

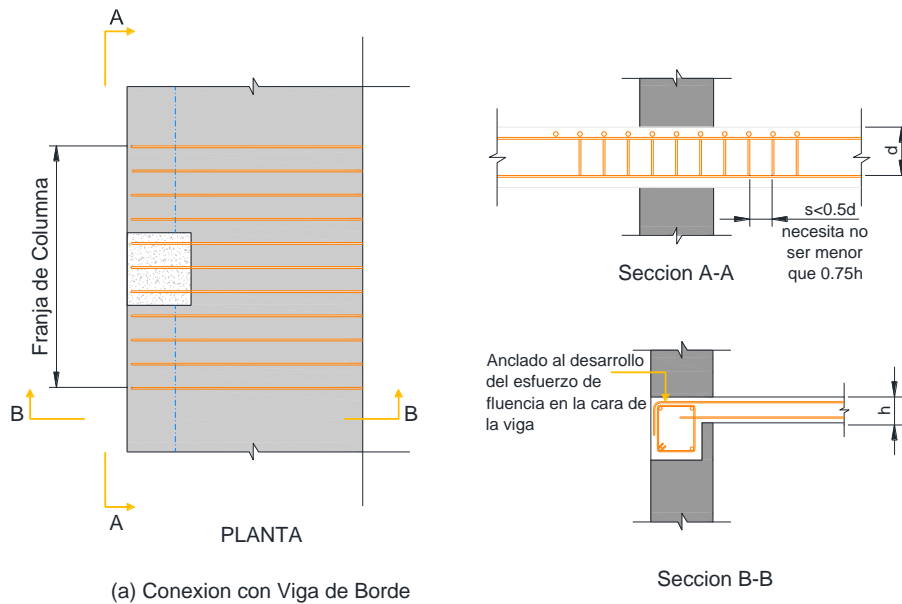
Si la conexión forma parte del sistema primario para resistir cargas laterales no-sísmicas, el espaciamiento entre ejes del refuerzo transversal no debe exceder las 8 pulgadas.

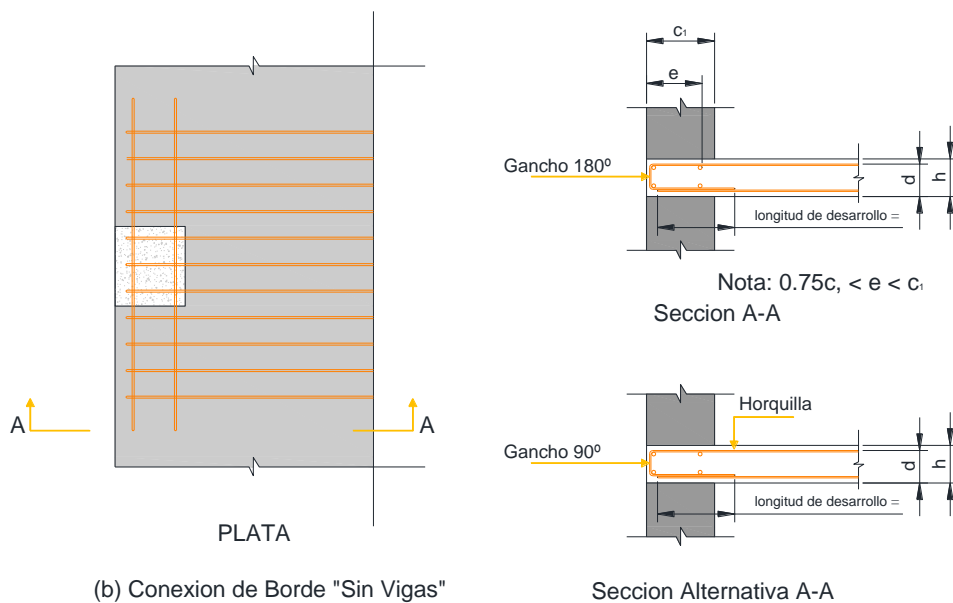
Conexiones Tipo 2.

El refuerzo transversal de la columna sobre y debajo de la unión debe seguir los requerimientos del Apéndice A del ACI-318-11.

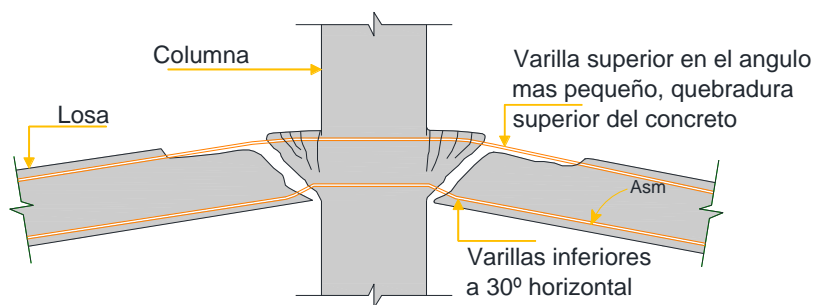
Para conexiones interiores, el refuerzo transversal no es requerido dentro del espesor de la unión. Para conexiones exteriores, como se definen en la Sección 2.2.2.1.-, el refuerzo transversal de la columna debe ser continua a través de la unión, con al menos una capa de refuerzo transversal entre el refuerzo superior e inferior de la losa. El máximo espaciamiento del refuerzo transversal dentro del espesor de la losa no debe exceder el más pequeño entre (a) la mitad de la dimensión mínima de la columna, (b) ocho veces la longitud del diámetro de la varilla más pequeña, o (c) 8 pulgadas. Todo los anillos deben ser cerrados con ganchos que en su final terminen a no menos de 135°. Donde se requiera,

los refuerzos adicionales deben ser previstos en cada capa de refuerzo transversal, y en cada termino de los refuerzos adicionales deben acoplar una varilla longitudinal perimetral. Los refuerzos adicionales de una sola pata deben tener en su final 135° o un mayor dobléz, y en el otro término debe tener un gancho para amarrar estándar de 90° como se define en la Sección 7.1 en el ACI-318-11. Si los ganchos de 90° son utilizados, los ganchos deben ser colocados en la cara interior de la unión dentro del espesor de la losa. Todos los ganchos de 135° bene tener una extensión mínima no menor que el mayor entre 6 veces varillas de amarre y 3 pulgadas.





2.2.5.3.- Refuerzo de la integridad estructural



El refuerzo como se especifica en las Secciones 2.2.5.3.a.- y 2.2.5.3.b.- debe estar provisto para incrementar la resistencia del sistema estructural para colapsos progresivos.

2.2.5.3.a.- **Conexiones sin vigas.**

En las conexiones interiores, los refuerzos continuos inferiores que pasan dentro de la núcleo de la columna en cada dirección principal deben tener un área al menos igual a:

$$A_{sm} = \frac{0.5 w_u l_1 l_2}{\phi f_y}$$

Ecuación 18

En la cual A_{sm} = Área mínima efectiva de las varillas inferiores continuas o malla en cada dirección principal ubicada sobre el soporte, w_w = carga factorada uniformemente distribuida, pero no menor a dos veces la carga muerta de servicio de la losa, l_l = tramo entre ejes en la dirección principal, f_y = tensión de fluencia del acero A_{sm} , y $\phi = 0.9$. La cantidad de refuerzo A_{sm} debe ser reducido dos tercios del resultado de la Ecuación 18 para las conexiones de borde, y un medio del resultado de la Ecuación 18 para las conexiones de esquina. Donde los valores calculados de A , en una dirección dada difiere de los tramos adyacentes, el valor más alto debe ser usado en esa conexión.

Las varillas inferiores con área A , deben ser considerados continuos si (1) están traslapadas fuera de la distancia $2l_d$ desde la cara de la columna con un longitud de traslape igual a l_d ; (2) están traslapadas dentro del área en planta de la columna con una distancia mínima de traslape de l_d ; (3) están traslapadas inmediatamente afuera de la columna con un mínimo traslape de $2l_d$, el traslape ocurre dentro de una región que contiene el refuerzo superior; o (4) que se enganchan o se anclan a bordes discontinuos para desarrollar la fluencia en la cara de la columna.

2.2.5.3.b.- Conexiones con vigas.

Si el peralte de la viga es menos que dos veces que el espesor de la losa en el soporte, las disposiciones de la Sección 2.2.5.3.a.- deben ser seguidas en ambas direcciones.

Si el peralte de la viga es al menos igual a dos veces el espesor de la losa, la integridad adecuada es proporcionada si las disposiciones del ACI-318 son seguidas para las vigas transversales, incluyendo el empotramiento mínimo de las varillas inferiores del soporte.

2.2.5.4.- Anclaje de refuerzo

2.2.5.4.a.- Recomendaciones Generales.

Los refuerzos deben ser anclados a cada lado de la sección crítica para la longitud embebida o anclaje de extremo. En las conexiones, la sección crítica para el desarrollo del refuerzo está ubicada en el lugar de esfuerzo máximo de la varilla. A las conexiones en estructuras que tienen vanos rectangulares, la sección crítica se la puede tomar a lo largo de una línea que intercepta la cara de la unión y es perpendicular a la dirección del momento.

2.2.5.4.b.- Recomendaciones para conexiones Tipo 1.

Los refuerzos en la conexión deben desarrollarse usando varillas con ganchos de acuerdo a la Sección 2.2.5.4.d.-, usando varillas rectas pasando a través de la conexión según la Sección 2.2.5.4.e.-, o usando varillas rectas terminadas en la conexión de acuerdo a la Sección 2.2.5.4.d.

2.2.5.4.c.- Recomendaciones para conexiones Tipo 2.

El refuerzo en las conexiones deben desarrollarse usando varillas con ganchos de acuerdo a la Sección 2.2.5.4.d, a excepción de todas las varillas que terminan en la unión que deben estar enganchadas dentro del refuerzo transversal de la unión usando ganchos de 90°. Alternativamente, el anclaje debe estar previsto por varillas rectas pasando a través de la conexión según la Sección 2.2.5.4.f.-. Las varillas rectas no deben terminar dentro de la región de la losa comprimiendo la conexión.

2.2.5.4.d.- Varillas en gancho terminadas en la conexión.

La longitud de desarrollo l_{dh} de una varilla terminadas en un gancho estándar es

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{50 \sqrt{f'_c}}$$

con las siguientes modificaciones:

(a) La longitud de desarrollo debe incrementarse el 30% para todos los concretos de peso ligero y de arena de peso ligero.

(b) Si el refuerzo transversal en la unión es provisto de un espaciamiento menor o igual que tres veces el diámetro de la varilla siendo desarrollada, l_{dh} puede ser reducida un 20% dentro de la unión.

(c) Para conexiones Tipo 1, si el recubrimiento normal al plano del gancho no menos que $2 \frac{1}{2}$ pulgadas, y recubrimiento en la extensión de la varilla es no menor a 2 pulgadas, l_{dh} se puede reducir un 30%.

(d) Para conexiones Tipo 1, si el refuerzo es mayor que el requerido para la resistencia, l_{dh} puede ser reducida por el radio $A_s(\text{requerida})/A_s(\text{prevista})$.

En ningún caso la longitud l_{dh} debe ser menor que el mayor de 6 pulgadas o $8d_b$.

2.2.5.4.e.- Varillas rectas terminando en la conexión.

La longitud de desarrollo l_d para varillas rectas terminadas en conexiones Tipo 1 debe calcularse

$$l_d = \frac{f_y A_b}{25 \sqrt{f'_c}} \geq 0.0004 d_b f_y$$

siempre y cuando la varilla este contenida dentro del núcleo de la columna, con las siguientes modificaciones:

(a) La longitud l_d debe incrementarse 30% para varillas no terminadas dentro del núcleo de la columna.

Para varillas ancladas parcialmente al núcleo de la columna, cualquier porción de longitud de empotramiento que no se encuentre dentro del núcleo confinado de la columna debe incrementarse un 30%.

(b) La longitud l_d debe incrementarse 30% si la profundidad del concreto fundido debajo de las varillas excede 12 pulgadas.

(c) La longitud l_d debe multiplicarse por 1.33 para todos los concretos de peso ligero, o por 1.18 para concreto de arena ligera.

(d) La longitud l_d puede ser reducida para conexiones Tipo 1 multiplicándolo por el factor $A_s(\text{requerido})/A_s(\text{previsto})$ donde el refuerzo es previsto en exceso por la resistencia requerida.

2.2.5.4.f.- **Varillas pasando a través de la unión.**

Para conexiones Tipo 2, todas las varillas rectas de la losa pasando a través de la unión deben seleccionarse de manera que

$$h_j/d_b \geq 15$$

Donde h_j es la dimensión de la unión paralela a la varilla. No existen restricciones especiales para la varillas de la columna o para conexiones Tipo1.

3.- DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

La aplicación está desarrollada bajo la plataforma de Microsoft® Visual Studio escrita bajo el lenguaje de Visual Basic. Se propone una interface de usuario gráfica con el objetivo de crear una aplicación intuitiva y de fácil uso.

3.1.- Diagramas de flujo de la aplicación

Este programa es concebido como una herramienta ejecutable que no maneja ninguna extensión de archivo.

3.1.1.- Flujograma General

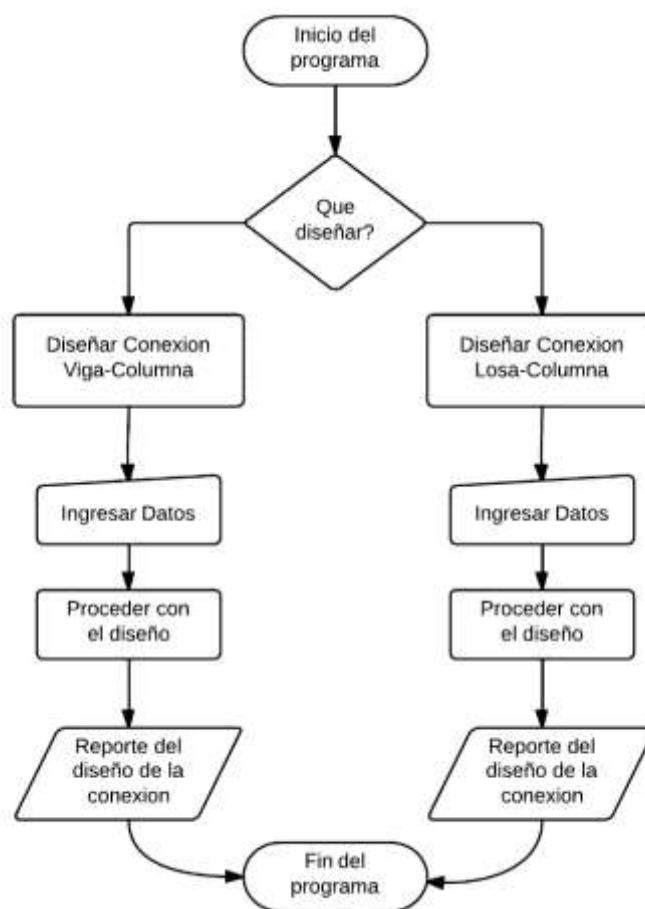


Gráfico 1.- Diagrama de Flujo General de la aplicación

3.1.2.- Diseño conexiones Viga-Columna

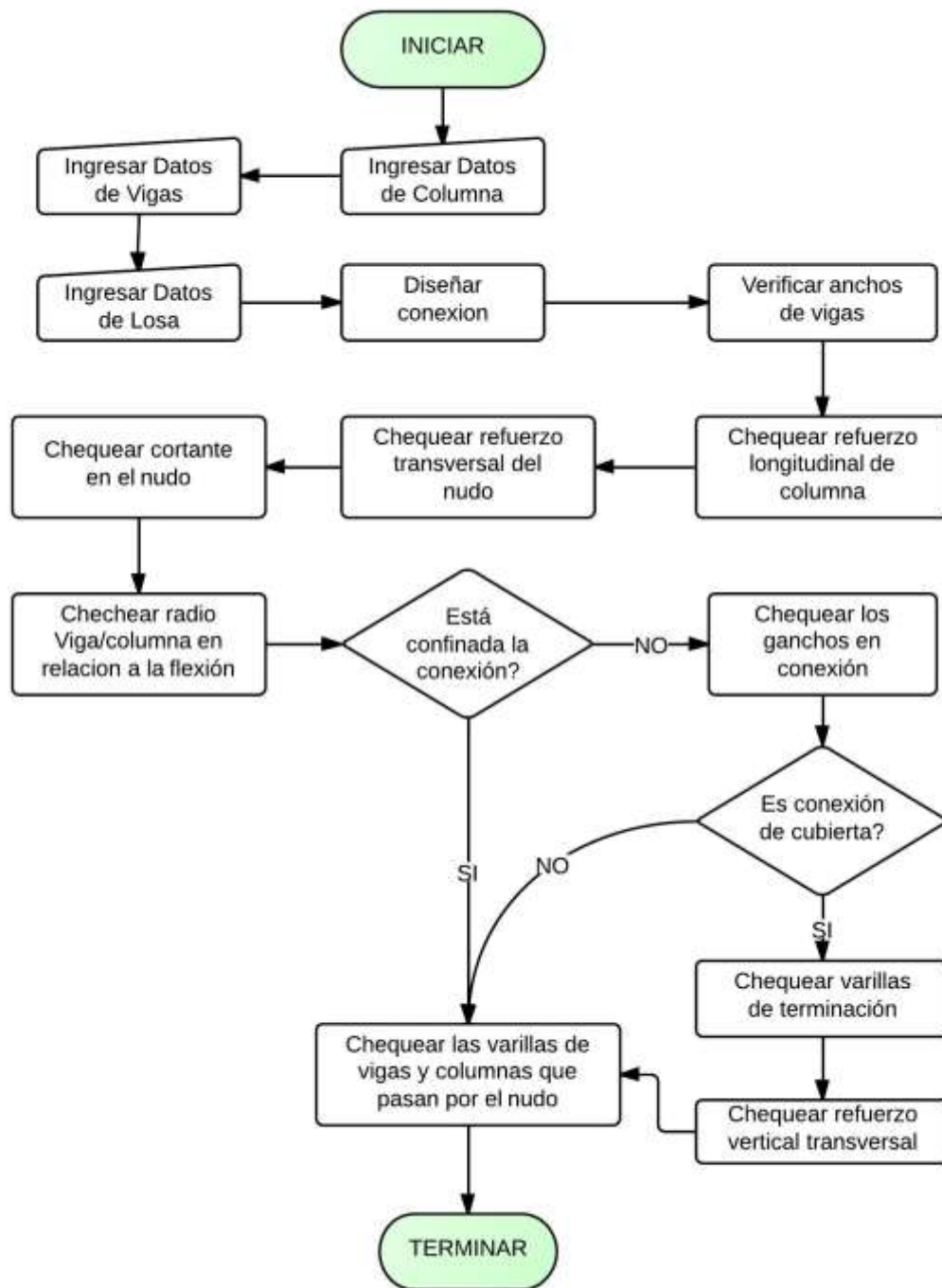


Gráfico 2.- Diagrama de Flujo de Diseño conexiones Viga-Columna

3.1.2.1.- Ancho de vigas

El ancho de la viga b_b debe ser menor que el valor más pequeño entre $3b_c$ y $(b_c + 1.5h_c)$. Donde b_c es el ancho de la columna y h_c es el peralte de la columna

3.1.2.2.- Refuerzo longitudinal de columna

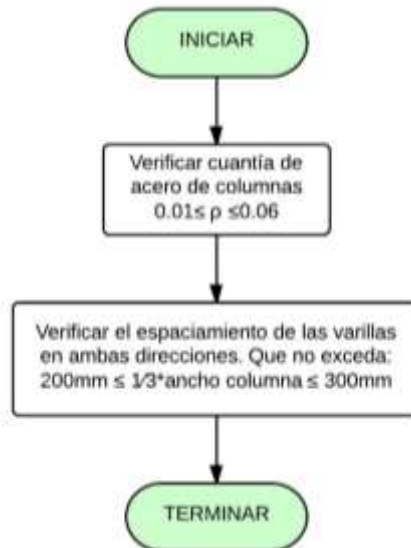


Gráfico 3.- Diagrama de Flujo de Revisión de refuerzo longitudinal de columna

3.1.2.3.- Refuerzo transversal del nudo

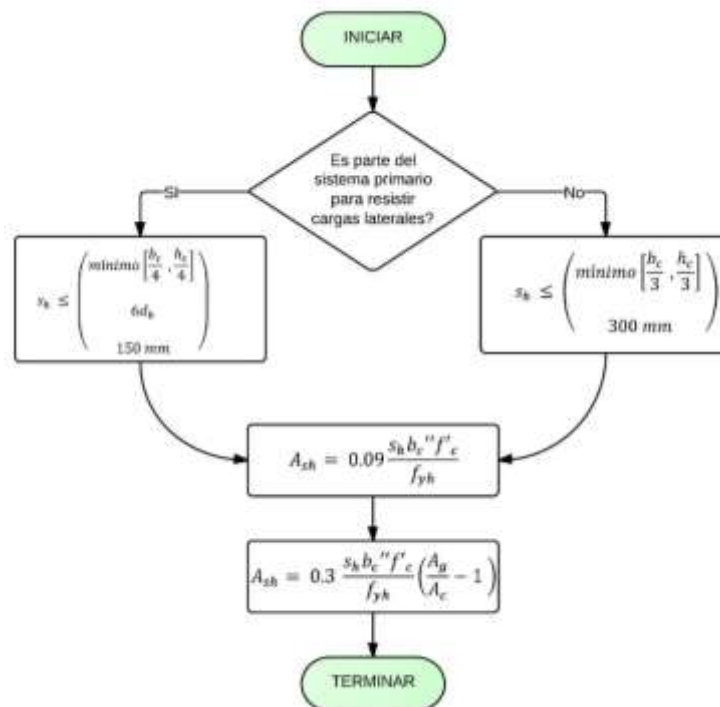


Gráfico 4.- Diagrama de Flujo del refuerzo transversal del nudo

3.1.2.4.- Cortante en el nudo

Se verifica que el cortante $\phi V_n \geq V_u$ donde $\phi = 0.85$ y

$$V_n = 0.083 \gamma \sqrt{f_c'} b_j h_c$$

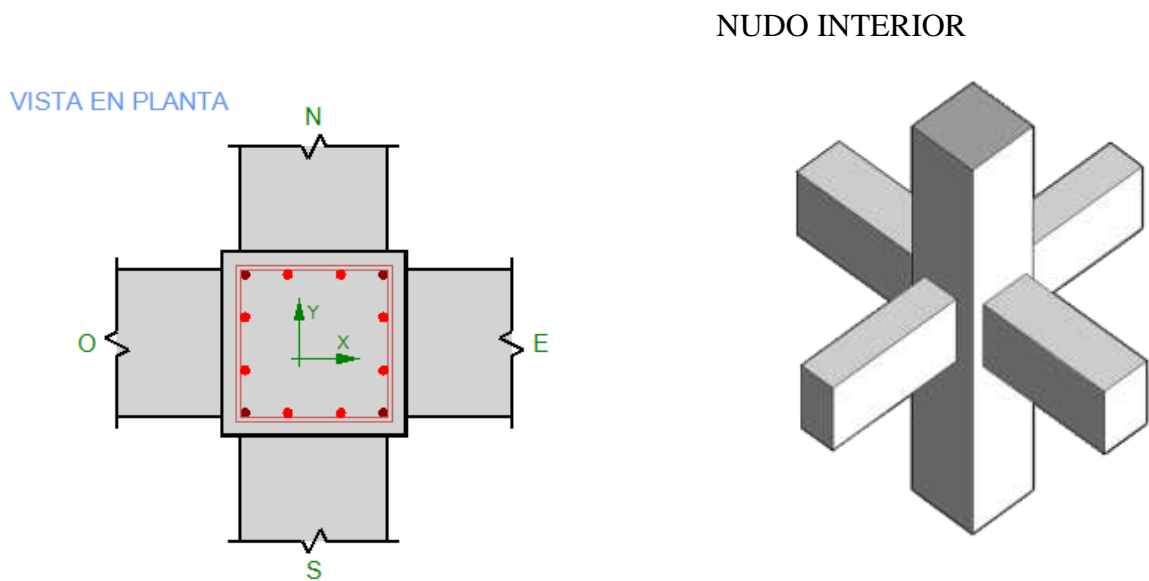
$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col}$$

4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

Conexión viga-columna basada en los códigos ACI 352r-02 y ACI 318-11. Donde exista diferencia entre ambos código se mencionará qué código se utilizó.

4.1.- DATOS DE LA CONEXIÓN VIGA-COLUMNNA

4.1.1.- Vista general del nudo



4.1.1.1.- Secciones y armados de columnas y vigas.

4.1.1.1.a.- Materiales

Hormigón: $f'_c = 70 \text{ MPa}$

Varillas de refuerzo: $F_y = 414 \text{ MPa}$

4.1.1.1.b.- Columna

Ancho: $b_c = 500 \text{ mm}$ (Longitud del lado en sentido X [Oeste-Este])

Alto: $h_c = 500 \text{ mm}$ (Longitud del lado en sentido Y [Sur-Norte])

Varillas en esquinas: $4\emptyset 28 \text{ mm}$

Varillas en sentido X: $4\emptyset 28 \text{ mm}$

Varillas en sentido Y: $4\emptyset 28 \text{ mm}$
 Longitud de columna: 3.06 m
 Longitud de columna superior: 3.06 m (Cero si es nudo de cubierta)
 Recubrimiento: 38 mm
 Carga Axial factorizada: $P_U = 1800 \text{ KN}$

4.1.1.2.- Vigas

Vigas en sentido X

Ancho: $b_b = 400 \text{ mm}$
 Alto: $h_b = 550 \text{ mm}$
 Varillas superior: $5\emptyset 25 \text{ mm} + 0\emptyset 14 \text{ mm}$
 Varillas inferior: $3\emptyset 25 \text{ mm} + 0\emptyset 14 \text{ mm}$
 Recubrimiento: 38 mm

Vigas en sentido Y

Ancho: $b_b = 400 \text{ mm}$
 Alto: $h_b = 550 \text{ mm}$
 Varillas superior: $5\emptyset 25 \text{ mm} + 0\emptyset 14 \text{ mm}$
 Varillas inferior: $3\emptyset 25 \text{ mm} + 0\emptyset 14 \text{ mm}$
 Recubrimiento: 38 mm

4.2.- DISEÑO Y VERIFICACIÓN DE LA UNIÓN VIGA-COLUMNA

4.2.1.- Verificación de ancho máximo de vigas

Vigas en sentido X

$$b_b < 3 * b_c$$

$$400 < 3 * 500 = 1500.0 \text{ [SI CUMPLE]}$$

$$b_b < (b_c + 1.5 * h_c)$$

$$400 < (500 + 1.5 * 500) = 1250.0 \text{ [SI CUMPLE]}$$

Vigas en sentido Y

$$b_b < 3 * b_c$$

$$400 < 3 * 500 = 1500.0 \text{ [SI CUMPLE]}$$

$$b_b < (b_c + 1.5 * h_c)$$

$$400 < (500 + 1.5 * 500) = 1250.0 \text{ [SI CUMPLE]}$$

4.2.2.- Refuerzo longitudinal de columna

Verificación de la cuantía de refuerzo longitudinal:

$$0.01 \leq \rho \leq 0.06$$

$$0.01 \leq 0.030 \leq 0.06$$

[SI CUMPLE]

Verificación del espaciamiento de las varillas

El espaciamiento de las varillas no debe exceder $\frac{1}{3} * \text{ancho de columna}$ con los

limitantes de: Espaciamiento máximo de varillas = $200 \text{ mm} \leq \frac{1}{3} *$

$\text{ancho de columna} \leq 300 \text{ mm} :$

Varillas en sentido X

$$Esp_x \leq 200 \text{ mm}$$

$$56 \text{ mm} \leq 200 \text{ mm} \text{ [SI CUMPLE]}$$

Varillas en sentido Y

$$Esp_y \leq 200 \text{ mm}$$

$$56 \text{ mm} \leq 200 \text{ mm} \text{ [SI CUMPLE]}$$

4.2.3.- Refuerzo transversal del nudo

Área de acero existente

Estribos en sentido X = Estribos en sentido Y

$$A_{sh} = 4 \text{ ramas} * \left(113.1 \frac{\text{mm}^2}{\text{rama}} \right) = 452 \text{ mm}^2$$

Espaciamiento mínimo

$$s_h \leq \left(\begin{array}{l} \frac{b_c}{4} = \frac{500}{4} = 125 \text{ mm (gobierna)} \\ 6d_b = 6 * 28 \text{ mm} = 168 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \end{array} \right)$$

$$s_h = 125 \text{ mm}$$

Área de acero transversal mínima en Sentido X

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s_h b_c'' f_c'}{f_{yh}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0.3 \frac{125 \text{ mm} * 424 \text{ mm} * 70 \text{ MPa}}{414 \text{ MPa}} \left(\frac{500 * 500}{424 * 424} - 1 \right) = 1050.1 \text{ mm}^2$$

Pero no puede ser menor de:

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s_h b_c'' f_c'}{f_{yh}}$$

$$A_{sh} = 0.09 \frac{125 \text{ mm} * 424 \text{ mm} * 70 \text{ MPa}}{414 \text{ MPa}} = 806.5 \text{ mm}^2$$

Las dimensiones de las vigas SI cumplen las condiciones de confinamiento ($b_b \geq 0.75b_c$ y espacio libre entre columna y viga ≤ 100 mm).

Entonces se considera el 50% del Área calculada

$$\begin{aligned} \text{Área de acero requerida=} \\ 50\% * A_{sh} = 0.5 * 1050.1 \text{ mm}^2 = 525.05 \text{ mm}^2 > 452 \text{ mm}^2 \text{ [NO CUMPLE]} \end{aligned}$$

Se debe utilizar un espaciamiento menor:

$$s_h = 107 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 0.5 * 1050.1 * (107/125) = 449.44 \text{ mm}^2 < 452 \text{ mm}^2 \text{ [SI CUMPLE]}$$

Área de acero transversal mínima en Sentido Y

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s_h b_c'' f_c'}{f_{yh}} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0.3 \frac{125 \text{ mm} * 424 \text{ mm} * 70 \text{ MPa}}{414 \text{ MPa}} \left(\frac{500 * 500}{424 * 424} - 1 \right) = 1050.1 \text{ mm}^2$$

Pero no puede ser menor de:

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s_h b_c'' f_c'}{f_{yh}}$$

$$A_{sh} = 0.09 \frac{125 \text{ mm} * 424 \text{ mm} * 70 \text{ MPa}}{414 \text{ MPa}} = 806.5 \text{ mm}^2$$

Las dimensiones de las vigas SI cumplen las condiciones de confinamiento ($b_b \geq 0.75b_c$ y espacio libre entre columna y viga ≤ 100 mm).

Entonces se considera el 50% del Área calculada

$$\begin{aligned} \text{Área de acero requerida=} \\ 50\% * A_{sh} = 0.5 * 1050.1 \text{ mm}^2 = 525.05 \text{ mm}^2 > 452 \text{ mm}^2 \text{ [NO CUMPLE]} \end{aligned}$$

Se debe utilizar un espaciamiento menor:

$$s_h = 107 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 0.5 * 1050.1 * (107/125) = 449.44 \text{ mm}^2 < 452 \text{ mm}^2 \text{ [SI CUMPLE]}$$

4.2.4.- Cortante en el nudo (Sección 4.3)

Se define el valor de alfa

$$\alpha = 1.25$$

4.2.4.1.- Cortante en sentido X

Ancho efectivo de losa

Longitud del vano: $l_{vano} = 6.1 \text{ m}$

Espesor de la losa: $th_s = 0.05 \text{ m}$

Viga con losa en ambos lados

$$b_e \leq \left(\begin{array}{l} \frac{l_{vano}}{4} = \frac{6.1}{4} = 1.52 \text{ m} \\ b_b + 8 * th_s * 2 = 0.4 + 8 * 0.15 * 2 = 2.8 \text{ m} \\ b_b + \frac{\text{Ancho losa}}{2} = 0.4 + \frac{5.70}{2} = 6.1 \text{ m} \end{array} \right)$$

$$b_e = 1.52 \text{ m}$$

$$(b_e = 1.52 \text{ m}) > (2b_b = 0.8 \text{ m})$$

El ancho efectivo del ala de la viga es: $b_e = 1.52 \text{ m}$

Momento flector en vigas

$$a = \frac{A_s \propto f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$M_{pr,b} = A_s \alpha f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Para momento positivo:

$$A_{s1} = (3 * 510 + 0 * 0) \text{ mm}^2 = 1530 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{1530 \text{ mm}^2 * 1.25 * 414 \text{ MPa}}{0.85 * 70 \text{ MPa} * 1620 \text{ mm}} = 8.9 \text{ mm}$$

$$M_{pr,b} = 3 * 510 \text{ mm}^2 * 1.25 * 420 \text{ MPa} * \left(600 - 95 - \frac{8.9}{2} \right) = 402 \text{ KN} * \text{ m}$$

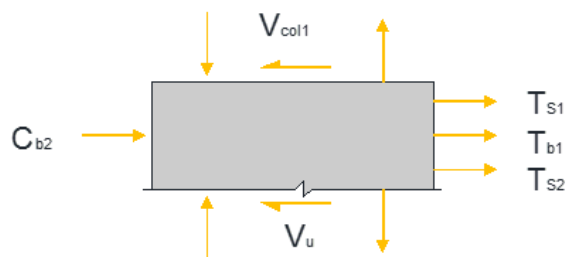
Para momento negativo:

$$a = \frac{(5 * 510 \text{ mm}^2 + 6 * 71 \text{ mm}^2) * 1.25 * 420 \text{ MPa}}{0.85 * 70 \text{ MPa} * 400 \text{ mm}} = 65.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr,b} = 2976 \text{ mm}^2 * 1.25 * 420 \text{ MPa} * \left(600 - 70 - \frac{65.6}{2} \right) = 777 \text{ KN} * \text{ m}$$

Por lo tanto, el cortante en la columna despreciando el cortante de la viga por simplicidad, es

$$V_{col} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{3.65 \text{ m}} = \frac{402 \text{ KN} * \text{ m} + 777 \text{ KN} * \text{ m}}{3.65 \text{ m}} = 323 \text{ KN}$$



$$V_u = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col}$$

$$V_u = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s,s1} + A_{s,s2} + A_{s2}) - V_{col}$$

$$V_u = 1.25 * 414 \text{ MPa} * (2550 + 284 + 142 + 1530 \text{ mm}^2) - 323 \text{ KN} = 2043 \text{ KN}$$

Para losas gruesas o muy reforzadas debe calcularse la altura efectiva real.

Resistencia a cortante del nudo

$$V_n = 0.083 \gamma \sqrt{f'_c} b_j h_c$$

$$\gamma = 20.$$

Ancho Efectivo del nudo Según ACI 352.R-02

$$b_j \leq \left(\begin{array}{c} \frac{b_c + b_b}{2} \\ b_b + \sum \frac{m * h_c}{2} \\ b_c \end{array} \right)$$

$(m * h_c)/2 \leq$ extensión de la columna más allá del borde de la viga;

$$\frac{m * h_c}{2} = \frac{0.5 * 500 \text{ mm}}{2} = 125 \text{ mm}$$

extensión de la columna más allá del borde de la viga = 50 mm, entonces $(m * h_c)/2 = 50 \text{ mm}$

$$b_j \leq \left(\begin{array}{c} \frac{b_c + b_b}{2} = \frac{400 + 500}{2} = 450 \text{ mm (gobierna)} \\ b_b + \sum \frac{m * h_c}{2} = 400 + 2 * 50 = 500 \text{ mm} \\ b_c = 500 \text{ mm} \end{array} \right)$$

$$b_j = 500 \text{ mm}$$

$$V_n = 0.083 \gamma \sqrt{f'_c} b_j h_c = 0.083 * 20 * \sqrt{70 \text{ MPa}} * 500 \text{ mm} * 500 \text{ mm} = 3472.1 \text{ KN}$$

$$\phi V_n = 0.85 * 3125 \text{ KN} = 2656 \text{ KN} > V_u = 2043 \text{ KN} \text{ [SI CUMPLE]}$$

4.2.5.- Relación de resistencia a flexión

4.2.5.1.- Relación de resistencia a flexión en sentido X

Cuando se determina la resistencia a flexión de las columnas, en este ejemplo se supuso que la carga axial mayorada que conduce a la mínima resistencia a flexión de la columna es **1 800 KN** (esto normalmente depende de las combinaciones de carga reales). También α fue supuesto igual a **1.0** para este cálculo. Usando estas suposiciones, $M_{x_{nc}} = 956.338 \text{ KN} * m$.

La resistencia a flexión de las vigas se calculó anteriormente usando $\alpha = 1.25$. Estas resistencias de las vigas se dividen por **1.25** para obtener un valor aproximado de la resistencia a la flexión para $\alpha = 1.0$. Si la proporción de resistencia está cerca del valor admisible, se podría realizar una más precisa determinación de la resistencia flexión.

$$M_{n1} \cong \frac{402 \text{ KN} * m}{1.25} = 322 \text{ KN} * m$$

$$M_{n2} \cong \frac{725 \text{ KN} * m}{1.25} = 580 \text{ KN} * m$$

$$\text{Relación de resistencia a flexión} = \frac{\sum M_{n,c}}{\sum M_{n,b}} > 1.2$$

$$\frac{2 * 956.338 \text{ KN} * m}{322 + 580 \text{ KN} * m} = 2.1 > 1.2 \text{ [SI CUMPLE]}$$

4.2.6.- Varillas de vigas y columnas que pasan a través del nudo

La dimensión de la columna está gobernada por las barras más grandes en las vigas [ecuación (4.11)]

$$h_c \geq \frac{20 * f_y * d_b(\text{viga})}{420 \text{ MPa}} = \frac{20 * 420 \text{ MPa} * 25 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 500 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm} \text{ [SI CUMPLE]}$$

La altura de la viga está controlada por las barras de la columna.

$$h_b \geq \frac{20 * f_y * d_b(\text{columna})}{420 \text{ MPa}} = \frac{20 * 420 \text{ MPa} * 29 \text{ mm}}{420 \text{ MPa}} = 580 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \text{ [SI CUMPLE]}$$

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- Conclusiones

5.1.1.- Sobre las conexiones viga-columna y losa-columna

- El área efectiva del nudo es más estricta si se toma la del ACI 352R-02 que si se toma la del ACI 318-11.
- En algunos casos el diseño de la conexión viga-columna o losa-columna puede variar el diseño de la geometría de la columna o vigas, debido a que sus requerimientos van más allá de la resistencia a las cargas estimadas.

5.1.2.- Sobre el programa

- El software es una herramienta muy útil que permite tener un reporte ejecutivo detallado sobre todos los aspectos a revisar de las conexiones viga-columna o losa-columna.
- El software es de fácil utilización, cualquier persona con conocimientos básicos en computación podría utilizarlo.

5.2.- Recomendaciones

5.2.1.- Sobre las conexiones viga-columna y losa-columna

- Es importante dejar de construir con vigas bandas, debido a la baja ductilidad de estas.
- Se debe chequear los diseños de nudo, porque nos puede llevar a cambios de secciones de los elementos que llegan al nudo.

5.2.2.- Sobre el programa

- Leer el manual antes de empezar a utilizar el programa.
- Verificar las unidades de ingreso de la información, porque se pueden obtener resultados inesperados.

6.- MANUAL DE USO DEL PROGRAMA

6.1.- Instalación del programa

El instalador del programa es el archivo “*setup.exe*”, hacer doble click sobre dicho archivo para proceder con la instalación.

6.1.1.- Pre requisitos para la instalación:

- Se necesita tener instalado Microsoft® Office o Microsoft® Word, ya que el programa emite un reporte final en formato “.docx” de Word.
- Es conveniente que se tenga acceso a internet al momento de instalar el programa, ya que puede ser que se requiera actualizar el sistema operativo.

6.2.- Pantalla Inicial

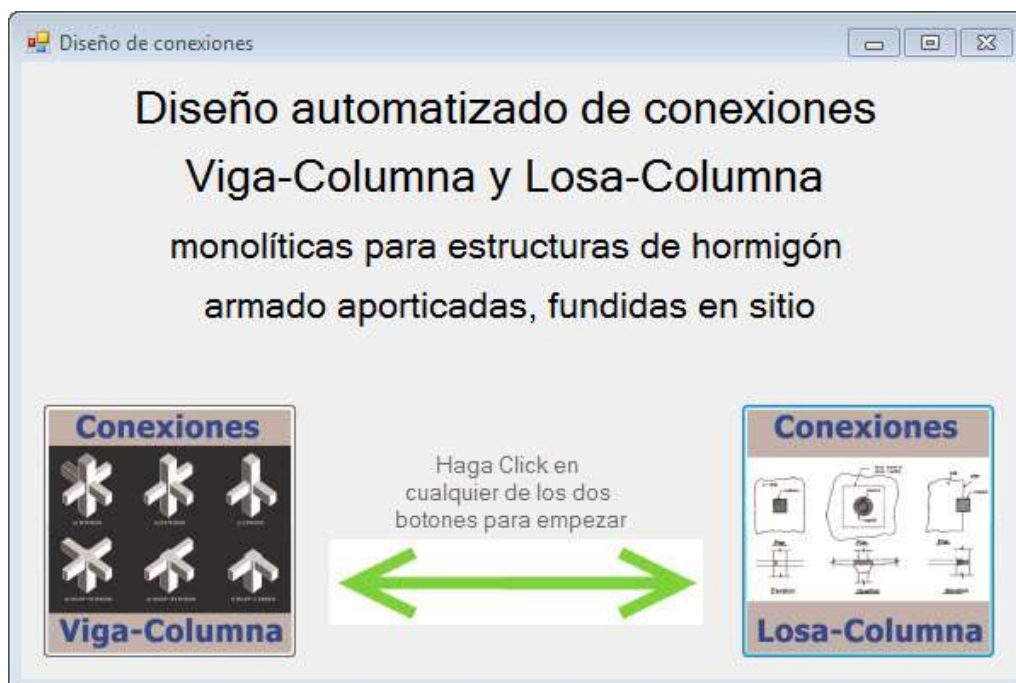


Figura 31 .- Pantalla de Inicio

En la pantalla inicial se selecciona si se desea diseñar una conexión viga-columna o una conexión losa-columna.

6.3.- Diseño de conexiones Viga-Columna

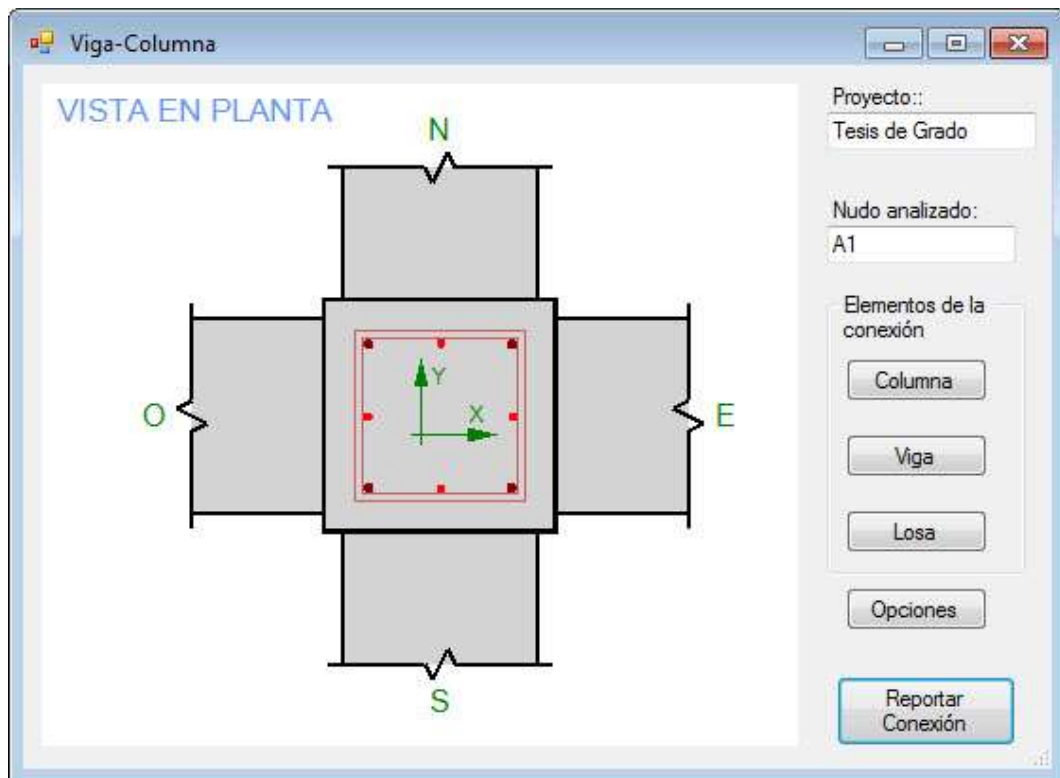


Figura 32. -Ventana principal conexión Viga-Columna

Se muestra una ventana con una representación gráfica de la conexión viga columna, dos cuadros de textos y varios botones como se muestra en la Figura 32.

Las partes de la ventana principal de la conexión viga-columna se detallan así según los números mostrados en la Figura 33.

1. Escribir el nombre del proyecto. Este nombre se utiliza luego en el reporte para dar nombre al archivo de reporte.
2. Escribir el nombre del nudo a analizar. Este nombre se utiliza luego en el reporte para dar nombre al archivo de reporte.
3. Hacer click para abrir la ventana de ingresos de datos de Columna.
4. Hacer click para abrir la ventana de ingresos de datos de Vigas
5. Hacer click para abrir la ventana de ingresos de datos de Losa
6. Hacer click para abrir la ventana de ingresos de datos de Opciones

7. Hacer click para genera el reporte de la conexión en formato Microsoft Word®. Se debe hacer click aquí luego de haber ingresado todos los datos.

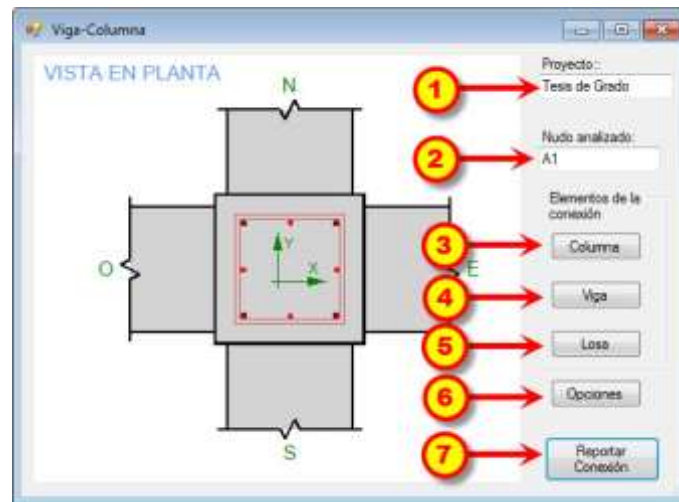


Figura 33 .-Partes de la ventana principal conexión Viga-Columna

6.3.1.1.- Entrada de datos de columnas

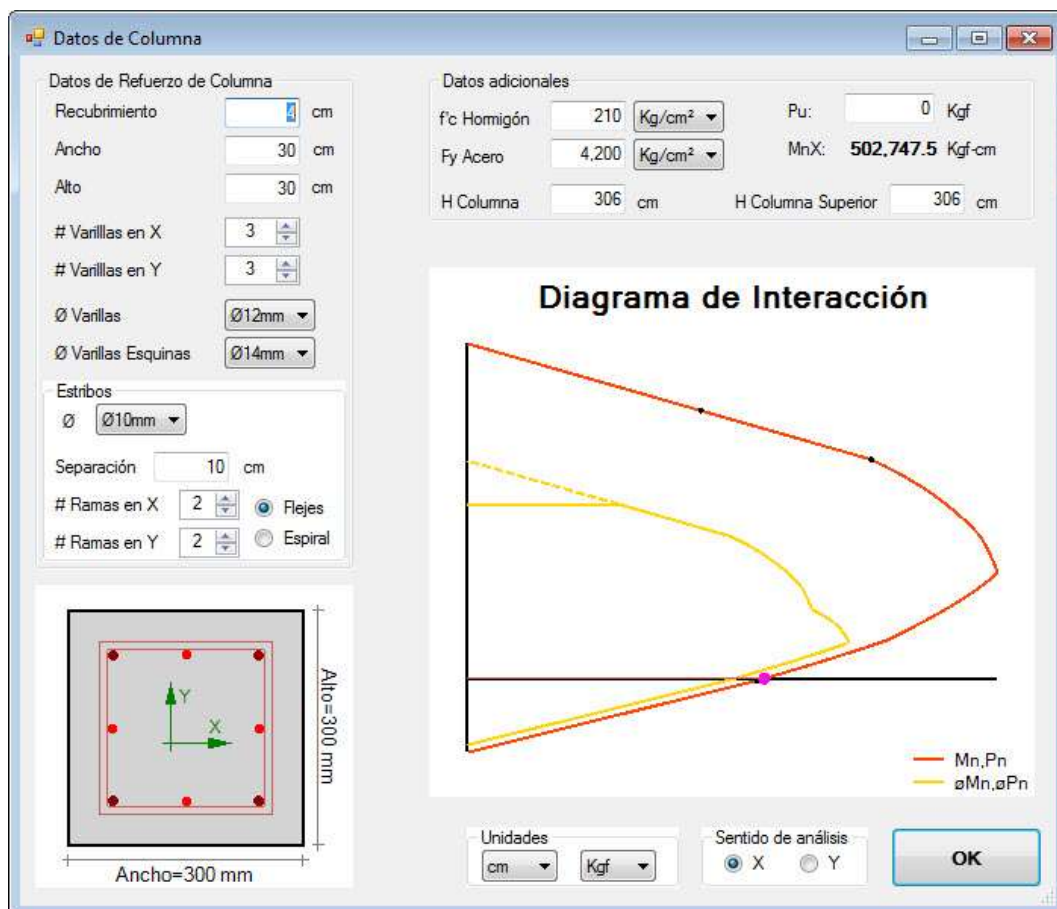


Figura 34 .- Ventana de entrada de Datos de Columna

Las partes de la ventana de entrada de datos de columna se detallan así según los números mostrados en la Figura 35.

1. Zona de entrada de datos del refuerzo de la columna.
2. Zona de datos adicionales de columna y materiales.
3. Representación de la sección transversal de la columna con su armadura.
4. Gráfico del diagrama de interacción de columna.
5. Zona de unidades para el ingreso de datos de columna.
6. Zona para decidir el sentido de análisis de columna.
7. Botón OK, para cerrar la ventana.

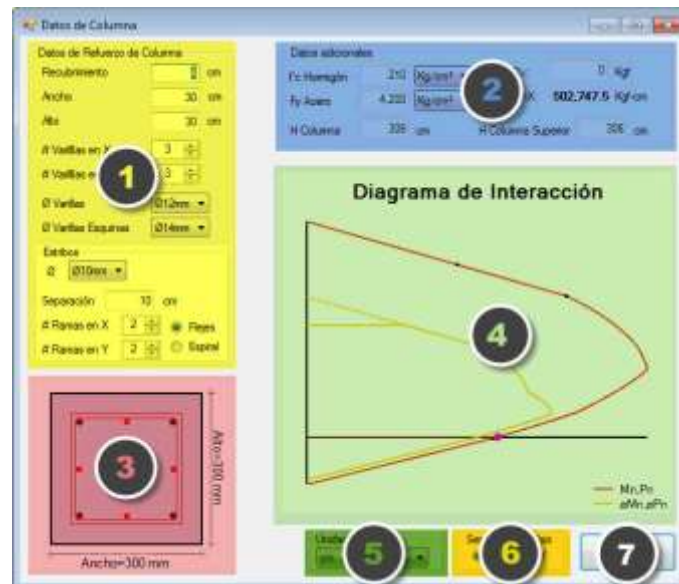


Figura 35.- Partes de la ventana de entrada de datos de columna

Las partes de zona de entrada de datos del refuerzo de la se detallan así según los números mostrados en la Figura 36.

1. Ingresar el recubrimiento de la columna.
2. Ingresar el ancho de la columna (longitud en sentido X).
3. Ingresar el alto de la columna (longitud en sentido Y).
4. Ingresar el número de varillas en sentido X, (incluyen las varillas de esquina).

5. Ingresar el número de varillas en sentido Y, (incluyen las varillas de esquina).
6. Ingresar el diámetro de las varillas excepto las de esquina.
7. Ingresar el diámetro de varillas de las esquinas.
8. Ingresar el diámetro de los estribos
9. Ingresar la separación de los estribos en el nudo.
10. Ingresar si los estribos son en espiral o no.
11. Ingresar el número de ramas de estribos en sentido X y sentido Y.

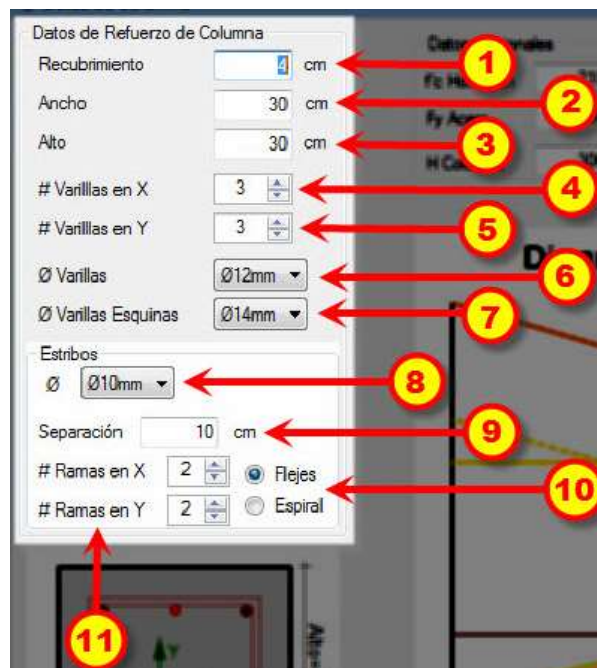


Figura 36 .- Partes de la entrada de datos de refuerzo de columna

Las partes de los datos adicionales de columna se detallan así según los números mostrados en la Figura 37.

1. Resistencia a la compresión f^c del hormigón.
2. Resistencia a la compresión F_y del acero.
3. Altura de la columna inferior del nudo a analizar.
4. Altura de la columna superior del nudo a analizar. Si es nudo de cubierta se debe ingresar cero como valor.

5. Momento nominal en el sentido de análisis calcula automáticamente a partir del axial con el diagrama de interacción.
6. Axial último actuante en la columna a la altura del nudo.



Figura 37.- Partes de la entrada de datos adicionales de columna

Las partes de la figura del diagrama de interacción se detallan así según los números mostrados en la Figura 38

1. Curva de interacción axial-momento de la columna.
2. Curva de interacción axial-momento de la columna incluidos los factores de reducción de esfuerzo..

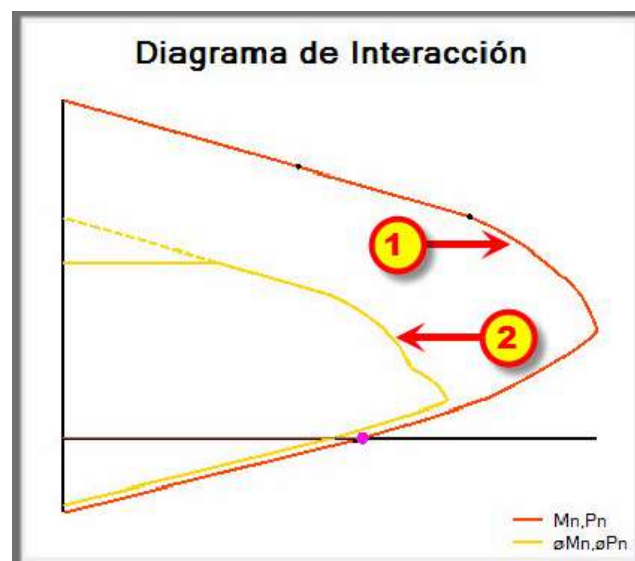


Figura 38.-Partes del diagrama de interacción de columna

Las partes de la zona de unidades se detallan así según los números mostrados en la Figura 39.

1. Unidades de longitud para ingresar los datos
2. Unidades de fuerza para ingresar los datos



Figura 39 .- Partes del ingreso de unidades de columnas

En la Figura 40 se tiene que seleccionar el sentido de análisis. Esto afecta el grafico diagrama de interacción.



Figura 40 .- Partes del sentido de análisis de columna

6.3.1.2.- Entrada de datos de viga

The screenshot shows a software window titled "Datos de Vigas" with the following sections:

- Datos de Vigas en sentido Y (Norte-Sur):**
 - Ancho: 25 cm (checked Norte)
 - Alto: 30 cm (checked Sur)
 - Ecentricidad X: 0 cm
 - Vanillas superior: # 2, Ø 14mm
 - Vanillas superior adicionales: # 0, Ø 14mm
 - Vanillas inferior: # 2, Ø 14mm
 - Vanillas inferior adicionales: # 0, Ø 14mm
- Datos de Vigas en sentido X (Oeste-Este):**
 - Ancho: 25 cm (checked Oeste)
 - Alto: 30 cm (checked Este)
 - Ecentricidad Y: 0 cm
 - Vanillas superior: # 2, Ø 14mm
 - Vanillas superior adicionales: # 0, Ø 14mm
 - Vanillas inferior: # 2, Ø 14mm
 - Vanillas inferior adicionales: # 0, Ø 14mm
- Datos Generales:**
 - f_c Hormigón: 210 Kg/cm²
 - F_y Acero: 4,200 Kg/cm²
 - Recubrimiento: 3 cm
- Unidades:** cm
- Botón OK**

The central diagram, titled "VISTA EN PLANTA", shows a cross-section of a beam with four arms extending North (N), South (S), East (E), and West (O). A central square represents the core with a red border and a coordinate system (X, Y). Below the diagram, there are input fields for α (1.25) and γ (20).

Figura 41 .- Ventana de entrada de datos de vigas

Las partes de la ventana de entrada de datos de vigas se detallan así según los números mostrados en la Figura 42.

1. Zona de entrada de datos de vigas en sentido Y (Norte-Sur).
2. Representación de las vigas en el nudo. También se encuentran expresados los factores alfa y gamma que pueden ser modificados por el usuario.
3. Datos adicionales de las vigas
4. Gráfico del diagrama de interacción de columna.
5. Botón OK, para cerrar la ventana.
6. Zona de entrada de datos de vigas en sentido X (Oeste-Este)



Figura 42. -Partes de la ventana de entrada de datos de vigas

Las partes de vista en planta de las vigas se detallan así según los números mostrados en la Figura 43. Además de la representación de las vigas en el nudo

1. Factor alfa. Si haces click en el “checkbox” puedes ingresar un valor diferente al que está por defecto (mínimo 1.25).
2. Factor gamma. . Si haces click en el “checkbox” puedes ingresar un valor diferente al calculado por el programa.

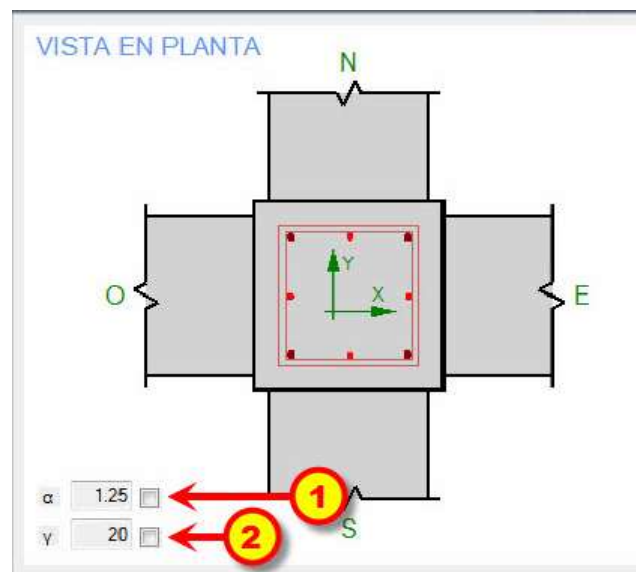


Figura 43. - Partes de la vista en planta

Las partes de la entrada de datos de las vigas en sentido Y se detallan así según los números mostrados en la Figura 44.

1. Ingresar el ancho de viga.
2. Chequear si existe la viga en sentido Norte.
3. Chequear si existe la viga en sentido Sur.
4. Ingresar el peralte de la viga.
5. Ingresar la excentricidad de la viga en caso de ser diferente de cero.
6. Ingresar el número de varillas de refuerzo superior.
7. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo superior.
8. Ingresar el número de varillas de refuerzo superior adicionales en caso que sean de diferente diámetro.
9. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo superior adicionales.
10. Ingresar el número de varillas de refuerzo inferior.
11. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo inferior.
12. Ingresar el número de varillas de refuerzo inferior adicionales en caso que sean de diferente diámetro.
13. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo inferior adicionales.

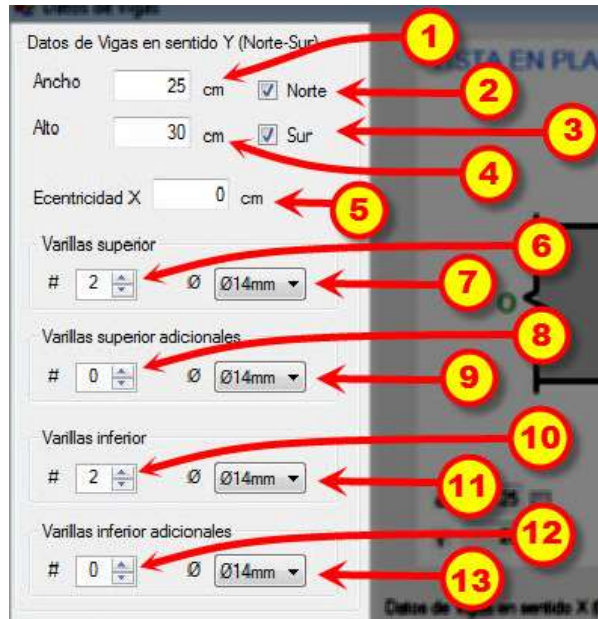


Figura 44 .- Partes de la entrada de datos de vigas en sentido Norte-Sur

Las partes de la ventana de entrada de datos adicionales de viga se detallan así según los números mostrados en la Figura 35.

1. Resistencia a la compresión f'_c del hormigón.
2. Resistencia a la compresión F_y del acero.
3. Ingresar el recubrimiento de la viga.

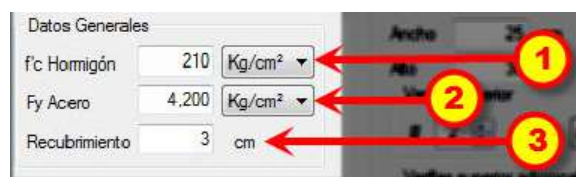


Figura 45 .- Partes de la entrada de datos generales de vigas

Las partes de la entrada de datos de las vigas en sentido X se detallan así según los números mostrados en la Figura 46.

1. Ingresar el ancho de viga.
2. Ingresar el peralte de la viga.
3. Chequear si existe la viga en sentido Este.

4. Chequear si existe la viga en sentido Oeste.
5. Ingresar el número de varillas de refuerzo superior.
6. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo superior.
7. Ingresar el número de varillas de refuerzo superior adicionales en caso que sean de diferente diámetro.
8. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo superior adicionales.
9. Ingresar la excentricidad de la viga en caso de ser diferente de cero.
10. Ingresar el número de varillas de refuerzo inferior.
11. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo inferior.
12. Ingresar el número de varillas de refuerzo inferior adicionales en caso que sean de diferente diámetro.
13. Ingresar el diámetro de las varillas de refuerzo inferior adicionales.



Figura 46 .- Partes de la entrada de datos de vigas en sentido Oeste-Este

6.3.1.3.- Entrada de datos de losa

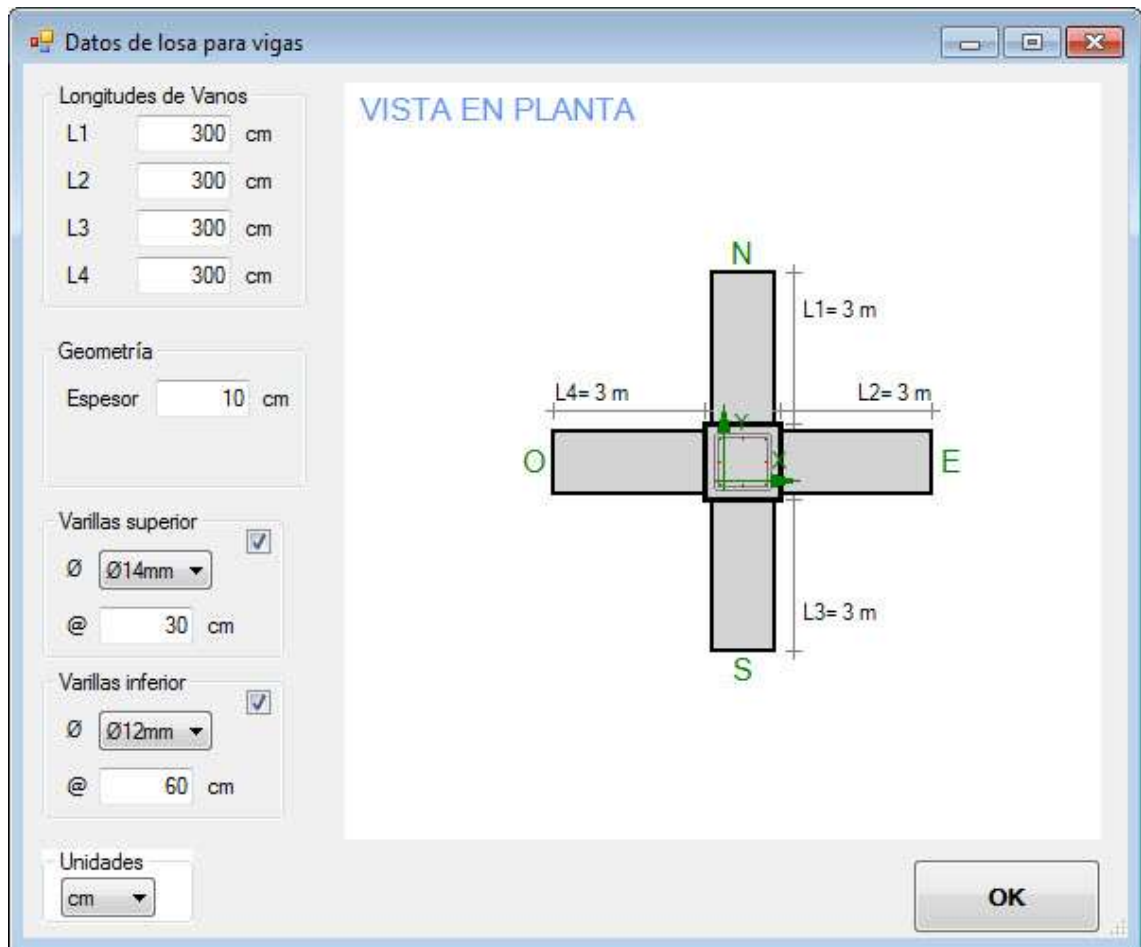


Figura 47.- Ventana de entrada de datos de losa

Las partes de la ventana de entrada de datos de losa se detallan así según los números mostrados en la Figura 48.

1. Zona de longitudes de vanos de losa.
2. Zona de geometría de la losa.
3. Zona de refuerzo superior de losa
4. Zona de refuerzo inferior de losa
5. Zona de unidades para el ingreso de datos de losa.
6. Representación de las longitudes de los vanos
7. Botón OK, para cerrar la ventana.

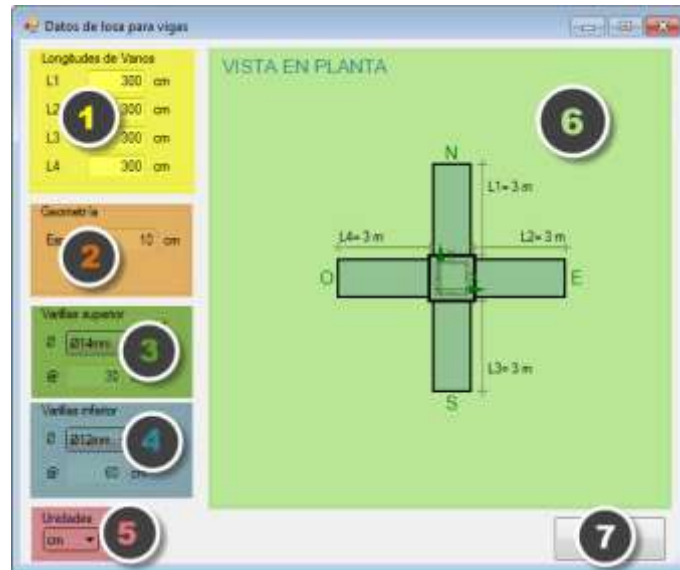


Figura 48 .- Partes de la ventana de entrada de datos de losa

Las partes de la zona de datos de los vanos se detallan así según los números mostrados en la Figura 49.

1. Ingresar longitud L1 que corresponde a la viga en sentido Norte.
2. Ingresar longitud L2 que corresponde a la viga en sentido Este.
3. Ingresar longitud L3 que corresponde a la viga en sentido Sur.
4. Ingresar longitud L4 que corresponde a la viga en sentido Oeste.



Figura 49 .- Partes de la entrada de datos de longitudes de vanos

En la Figura 50 se ingresa el espesor de la losa si es maciza o el espesor de la parte de la losa de compresión en caso de ser losa alivianada.



Figura 50 .- Partes de la entrada de datos de la geometría de la losa

Las partes de la ventana de entrada de varillas superior de losa se detallan así según los números mostrados en la Figura 51.

1. Quitar el “check” si no existen varillas superiores de losa que atraviesen la zona del nudo, en este caso ya no se llenan los puntos 2 y 3
2. Ingresar el diámetro de las varillas superior de losa.
3. Insertar el espaciamiento de las varillas superior de losa



Figura 51 .- Partes de la entrada de datos de las varillas superiores de la losa

Las partes de la ventana de entrada de varillas inferior de losa se detallan así según los números mostrados en la Figura 52.

1. Quitar el “check” si no existen varillas inferiores de losa que atraviesen la zona del nudo, en este caso ya no se llenan los puntos 2 y 3
2. Ingresar el diámetro de las varillas inferior de losa.
3. Insertar el espaciamiento de las varillas inferior de losa



Figura 52 .- Partes de la entrada de datos de las varillas inferiores de losa

En la Figura 53 se ingresa la unidad de longitud que sirve para ingresar todos los valores en este formulario.



Figura 53 .- Partes de la entrada de datos de unidades

6.3.1.4.- Opciones

Las partes de la ventana de entrada de datos de opciones se detallan así según los números mostrados en la Figura 54.

1. Seleccionar aquí si se desea que se tome el ancho del nudo según el ACI 352
2. Seleccionar aquí si se desea que se tome el ancho del nudo según el ACI 318
3. Relación de resistencia a flexión. Si haces click en el “checkbox” puedes ingresar un valor diferente al que está por defecto (mínimo 1.2).
4. Botón OK, para cerrar la ventana.

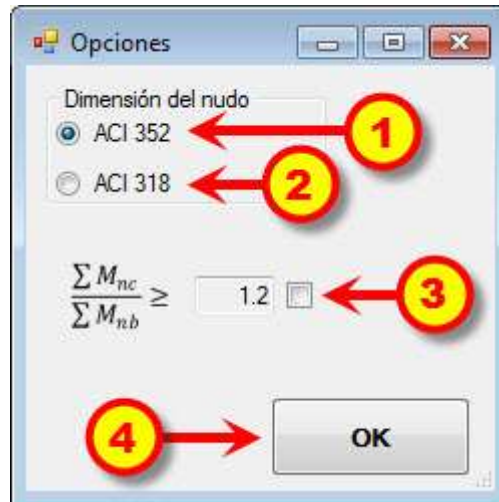


Figura 54 .-Ventana de entrada de datos de Opciones

6.4.- Diseño de conexiones Losa-Columna

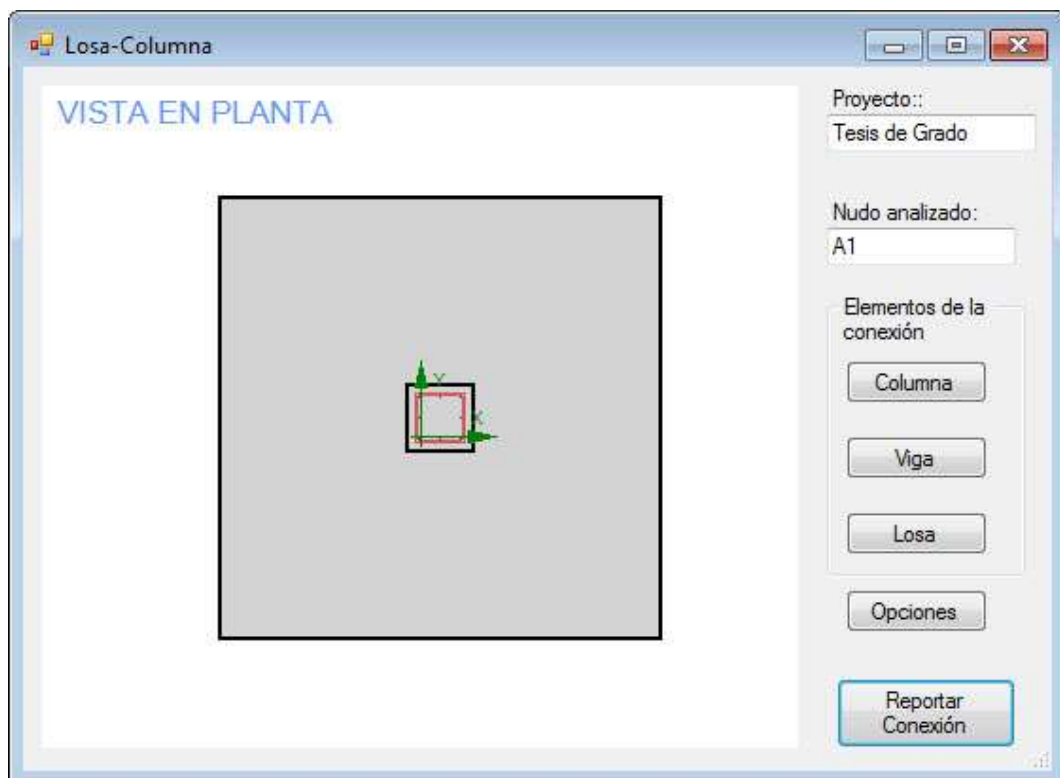


Figura 55 .- Ventana principal conexión Losa-Columna

Al igual que en la ventana principal de la conexión viga-columna, esta ventana tiene las mismas partes, excepto el botón de opciones, que no aplica para conexiones losa-columna.

6.4.1.1.- Entrada de datos de columnas

La entrada de datos de columnas es igual que para las conexiones viga-columna

6.4.1.2.- Entrada de datos de losa

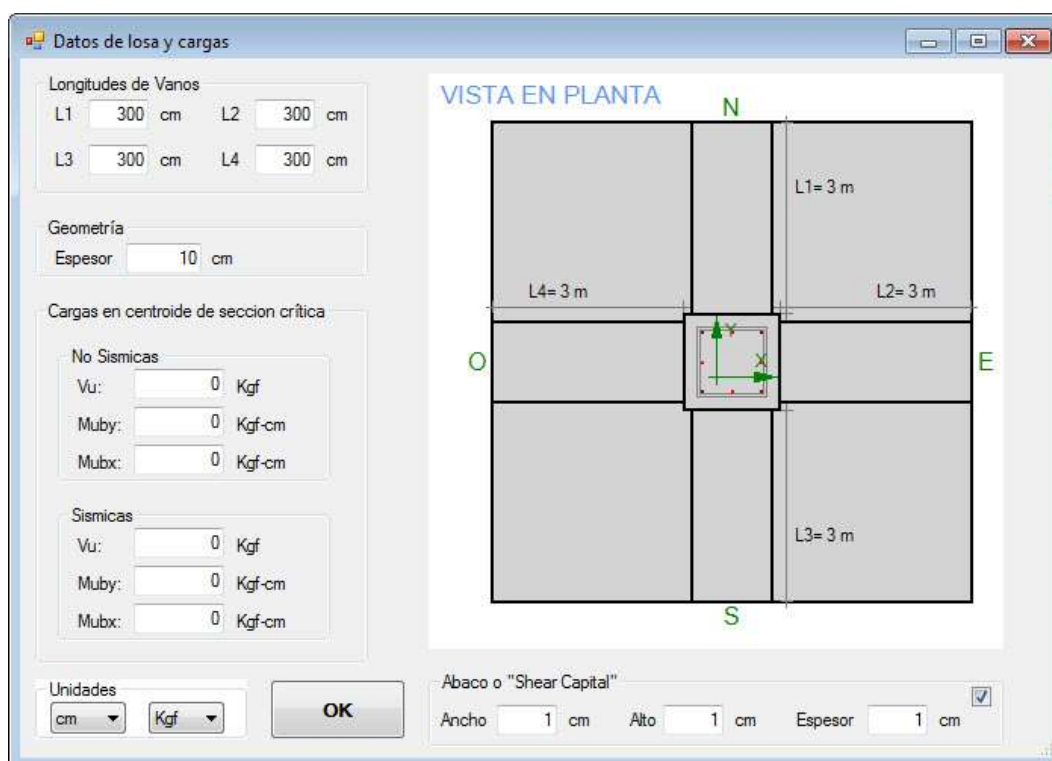


Figura 56.- Ventana de entrada de datos de losa y cargas

Las partes de la ventana de entrada de datos de losa y cargas se detallan así según los números mostrados en la Figura 57.

1. Zona de longitudes de vanos de losa.
2. Zona de geometría de la losa.
3. Zona de cargas de losa en centroide de sección crítica.
4. Zona de unidades para el ingreso de datos de losa

5. Representación de las longitudes de la conexión.
6. Zona de Ábaco de columnas

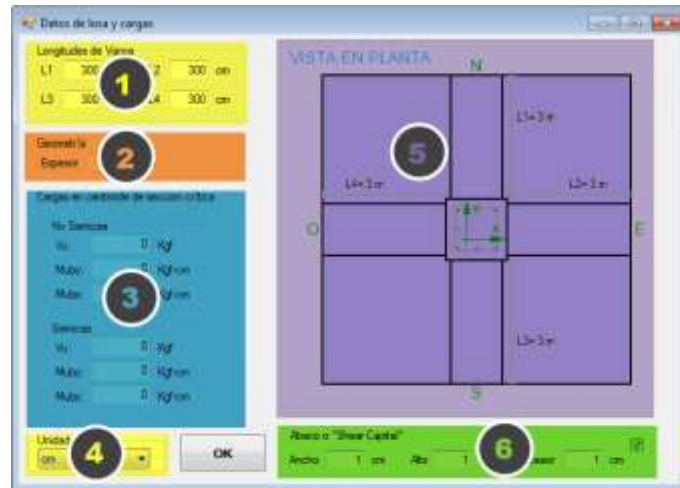


Figura 57 .- Partes de la ventana de entrada de datos de losa y cargas

Las partes de la entrada de datos de longitudes de vanos se detallan así según los números mostrados en la Figura 58.

1. Ingresar longitud L1 que corresponde a la viga en sentido Norte.
2. Ingresar longitud L2 que corresponde a la viga en sentido Este.
3. Ingresar longitud L3 que corresponde a la viga en sentido Sur.
4. Ingresar longitud L4 que corresponde a la viga en sentido Oeste.



Figura 58 .- Partes de la entrada de datos de longitudes de vanos de la losa

En la Figura 59 se ingresa el espesor de la losa si es maciza o el espesor equivalente de la losa de en caso de ser losa alivianada.



Figura 59 .- Partes de la entrada de datos de la geometría de la losa

Las partes de la entrada de datos de las cargas actuantes sobre el nudo se detallan así según los números mostrados en la Figura 60.

1. Cortante último en el nudo despreciando las cargas sísmicas
2. Momento último en sentido Y en el nudo despreciando las cargas sísmicas
3. Momento último en sentido X en el nudo despreciando las cargas sísmicas
4. Cortante último en el nudo incluyendo las cargas sísmicas
5. Momento último en sentido Y en el nudo incluyendo las cargas sísmicas
6. Momento último en sentido X en el nudo incluyendo las cargas sísmicas

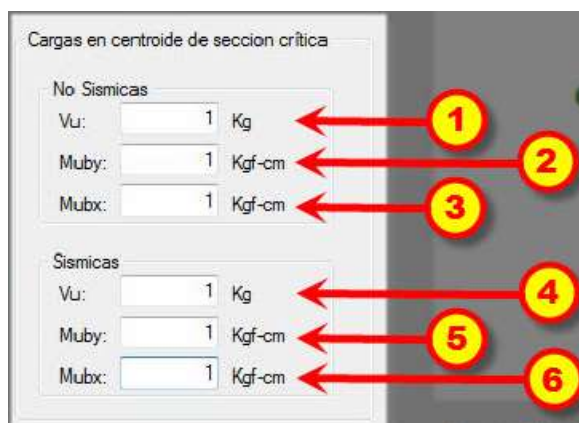


Figura 60 .- Partes de la entrada de datos de las cargas actuantes sobre el nudo

Las partes de entrada de datos del Abaco de la columna se detallan así según los números mostrados en la Figura 61.

1. Ancho del Ábaco (sentido X)

2. Alto del Ábaco (sentido Y)
3. Espesor del Ábaco
4. Quitar el “*check*” si no la columna no tiene Ábaco, en este caso ya no se llenan los puntos 1, 2 y 3



Figura 61 .- Partes de la entrada de datos del Abaco de la columna

7.- BIBLIOGRAFÍA

http://www.ecuadorencifras.com/cifras-inec/vivienda_2010.html#

ACI 318M-08CD Metric Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

ACI 352R-02: Recommendations for Design of Beam-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures (Reapp 2010).

ACI 352.1R-89: Recommendations for Design of Slab-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures.

Catherine Wolfgram French and Jack P. Moehle. Effect of Floor Slab on Behavior of Slab-Beam-Column Connections, ACI Special Publication 123-10, 1991

Arthur H. Nilson., Diseño de Estructuras de Concreto, Bogotá. 1999. McGraw Hill

Microsoft®. Reference (Visual Basic), <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/25kad608.aspx>