

Cálculo del peso de una edificación en función de factores de carga y resistencia del concreto armado

Richard Saucedo Paredes¹; Segundo Seijas Velásquez²

¹“V&J Ingeniería y Construcción S.A”, Perú; richarding_7@hotmail.com

²Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Trujillo, Perú; mabesei@yahoo.com

Recibido: 31-05-2013

Aprobado: 02-09-2013

RESUMEN

En el presente estudio se desarrolló un modelo para calcular el peso de una edificación en términos de factores de carga y resistencia del concreto armado. Se efectuaron pruebas experimentales para determinar, el límite de fluencia del acero ASTM 615 G60 (norma ASTM E8), resistencia máxima de compresión del concreto (norma ASTM C27), peso específico y contenido de humedad promedio (normas ASTM D – 1587 y ASTM D – 2216), clasificación unificada de suelos (normas ASTM D – 2487), calidad del suelo respecto a la resistencia mecánica para edificaciones, arena fina (SP – SM) (normas ASTM D – 422, D – 854, D – 4318, D – 856), capacidad portante del suelo. Se realizaron cálculos del diámetro del acero, espesor de la placa o altura de losa, carga vertical máxima por unidad de longitud y otros, mediante fórmulas empíricas adoptadas por la Norma del Reglamento Nacional de Construcción. Los resultados indicaron una carga vertical total de 22,04 Ton/m² calculadas por pruebas experimentales de elasticidad y tipo de cimentación. Se encontró que: a) Es posible determinar las cargas de una edificación mediante las fórmulas empíricas establecidas en las normas internacionales de la edificación, b) El peso total de una edificación se calcula a partir de las propiedades mecánicas y del diámetro de la varilla del acero (ASTM 615) así como de la capacidad portante del suelo que constituyen los factores de carga, c) la aplicación del modelo de cálculo al Centro comercial, Negocios e Inversiones el Virrey de Trujillo, comprobó los datos para el peso de loseta por compresión, peso de nervios transversales y longitudinales, peso propio y de relleno de la losa, carga permanente, carga viva y carga última de diseño.

Palabras clave: peso de una edificación, factores de carga del suelo, concreto armado.

ABSTRACT

In this research work a model in order to calculate the weight of a construction building in terms of load factors and resistance of reinforced concrete was developed. Experimental tests were conducted to determine the yield strength of the ASTM 615 G60 steel (ASTM E8 Standard), maximum strength of concrete specimen (ASTM D STANDARDS – 1587 y ASTM D-2216), unified soil classification (ASTM D-2487 standards), soil quality regarding mechanical strength for buildings, fine sand (SP-SM) (ASTM D-422 STANDARDS, D.854,D-4318,D-856), soil load bearing capacity. Calculations were made of the diameter of the steel, plate thickness or height of slab, maximum vertical load per unit length and others, using empirical formulas adopted by the national building regulations standards. The results indicated a total vertical load of 22.04 ton/m² calculated by experimental tests of elasticity and type of foundation. We found that a) it is possible to determine loads of a building by using empirical formulas established in the international standards of building, b) the total weight of a building is calculated from the mechanical properties and the diameter of the steel rod (ASTM 615) as well as from the bearing capacity of soil which constitute the load factors, c) the application of the calculation model to the buildings of the shopping center and investments, “El Virrey” of Trujillo city, allowed to check the data for tile compression weight, weight of transverse and longitudinal ribs, filling weight and filling of the tile, permanent load, live load and load design.

Keywords: weight of buildings, soil load factors, reinforced concrete.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto sismo resistente de edificios principalmente de gran altura (rascacielos) tal como es aplicado actualmente, se realiza mediante una serie de prescripciones normativas que persiguen garantizar el adecuado comportamiento de las estructuras ante eventos sísmicos, con el objetivo de proteger vidas, y aminorar daños esperados en las edificaciones. Toma como base el peso de la edificación y los factores de carga y resistencia según código ACI 318 (American Iron and Steel Construction, 1997) y la cuantía máxima (contenido de acero en el concreto).

Recientemente se han hecho extensas investigaciones acerca del comportamiento de las estructuras de acero ante cargas laterales. Esto a raíz de los terremotos de Northridge y Kobe en los años 1994 y 1995 respectivamente con 6,8 y 7,3 grados en la escala de Richter (American Institute of Steel Construction, 2010). Durante estos eventos naturales varias de las estructuras de acero como las de concreto colapsaron. La inspección y evaluación de las estructuras que permanecieron en pie se investigaron escrupulosamente y se encontraron graves problemas, básicamente en las conexiones, las cuales se comportaron de manera frágil, aun cuando los elementos que unían no habían logrado alcanzar su capacidad plástica (Flores, 1985).

Organismos gubernamentales de los Estados Unidos, Japón y Canadá – entre los más resaltantes - iniciaron una serie de ensayos para determinar las causas del problema y la forma como podría controlarse esta falla durante la ocurrencia de un sismo futuro. Muchos de los resultados de esta investigación apuntaron a una deficiencia de la capacidad de la conexión frente a la resistencia de los elementos circundantes, así como la carencia de mecanismos de disipación de energía, tales como amortiguadores o sistemas arriostrados adecuados. Las nuevas regulaciones presentadas tanto en el “Uniform Building Code” (2009), como en el “Internacional Building Code” (2000), en el “Provisions of Steel Buildings of American Iron and Steel Construction” (1997) muestran que no sólo las regulaciones se han vuelto más exigentes en cuanto a los elementos estructurales (columnas, vigas, arriostramientos), sino también con las conexiones. Sobre este punto lo que se plantea básicamente es la filosofía del diseño por capacidad (Sánchez, 2009).

Aroca (2008), limita la aplicación de determinados tipos de sistemas arriostrados ya que la tipología del sistema arriostrado adoptado presenta respuestas de comportamiento que en algunos casos puede resultar perjudicial para la supervivencia de la estructura. Por ejemplo, un arriostramiento concéntrico ordinario en una zona de gran actividad sísmica no es confiable ya que en los análisis arrojó una pobre capacidad de absorción de energía (disipadores metálicos empleado en edificaciones).

Este marco técnico describe la experiencia internacional en el uso del acero pero no en el Perú reflejado en la ausencia de una norma de diseño peruana.

El acero actualmente es el material más ampliamente utilizado en las grandes edificaciones con espacios más amplios, muy importante en las estructuras por su alta tenacidad, en las construcciones más livianas con un menor peso de la edificación.

El trabajo con acero demanda niveles de detalle y elaboración mucho más exigentes que el concreto. Se tiene que hacer mayor inversión de tiempo en ingeniería y dibujo, unido a un manejo de equipo sofisticado. El planteamiento de una solución estructural que use al acero como material estructural siempre chocará con falsos o incompletos supuestos acerca de las bondades del acero.

En la modernidad cuando se construye las edificaciones, tanto las cimentaciones como zapatas y pedestales se tiene que dejar los pernos de anclajes para poder montar la estructura metálica.

En el presente estudio se calculó el peso total de una edificación para determinar las características constructivas de la cimentación, teniendo en cuenta la capacidad portante del suelo y las características de resistencia de los elementos constructivos. Se presenta los pasos de desarrollo de la filosofía de diseño que respalda el trabajo, es decir la aplicación de la teoría del factor de carga y resistencia (Flores, 1986). En el análisis se buscó controlar las deformaciones y establecer la regularidad del sistema estructural.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio estuvo constituido por una edificación civil en lo que concierne a la determinación de su peso a partir de los factores de carga, características del suelo y los materiales estructurales para su construcción.

Población: edificaciones de diferentes niveles construidas en la ciudad de Trujillo, Perú.

Como muestra se ha tomado una edificación del centro histórico de la ciudad de Trujillo, Perú cuyas características están especificadas en la Tabla 1 (Centro Comercial Negocios e Inversiones El Virrey).

Tabla 1. Resumen de características constructivas de la edificación, Centro Comercial Negocios e Inversiones El Virrey, Trujillo, Perú

<i>Especificación</i>	<i>Material</i>	<i>Resistencia (Kg/cm²)</i>	<i>Dimensiones (cm)</i>
Loza de cimentación	Concreto	175	7,0
Muro de contención	Concreto	175	3,0
Aligerado	Concreto	210	2,0
Vigas	concreto	2,10	4,0
Columnas	Concreto	210	-
Escaleras	Concreto		
Traslapes	Concreto - acero	4,200	3/8" - 1"

Ubicación: Cercado de Trujillo Grau-Gamarra -Av. España

Fecha de construcción: Octubre de 1996.

Número de pisos: 05 (04 niveles y 01 sótano).

Resistencia del terreno: 1,29 Kg. /cm².

Sobrecarga: (comercio): 500Kg. /cm².

Parámetros constructivos:

Diámetro de las varillas de acero; Altura de la losa; Carga vertical máxima por unidad de longitud; Capacidad portante de suelos; Capacidad de carga admisible por falla al corte; Longitud, espesor y ancho de la losa; Módulo de rigidez de la losa; Sobrecarga sobre el terreno adyacente a la cimentación; Ancho transversal de la cimentación; Asentamiento inicial; Peso específico del terreno; Cohesión efectiva del terreno.

2.2 Equipos e instrumentos

Para determinar la resistencia a la tracción de las varillas de acero:

- Equipo para ensayos de tracción del acero corrugado; Carga máxima: 150 Ton; Marca ZWICH ROOLL

Tipo de mordaza para sujetar las probetas: De 0 a 20 acero corrugado de 1/2"; De 20 a 40 acero corrugado de 1" 3/8".

Para ensayos de compresión de agregados y concreto:

- Máquina Marca Galdabini de 5, 10, 25,50 y 100 KN para probetas cilíndricas de concreto.

Para la medición de la capacidad portante del suelo (Fig. 1 y Fig. 2)

- Penetrómetro de bolsillo Unconfined strength tons /ft²& kg. /cm². pocket penetrometer ele international, rango de escala es de 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5.



Fig. 1. Penetrómetro de bolsillo.
portante



Fig. 2. Medición de la capacidad portante

Para el análisis de suelos

- Malla 40 según norma ASTM-D-422.
- Picnómetro de 50 cc.
- Prensa hidráulica de 80 TM. con medidor de presión.
- Calibrador de 150 mm. marca MITOYO.
- Balanza analítica 200g. marca Toledo con aproximación a 0.001 g.
- Cronometro.
- Molde cilíndrico de acero; diámetro: 36 mm y altura: 90 mm.

2.3 Métodos y técnicas

La edificación se descompuso en sus componentes estructurales para luego categorizarlas íntegramente (holísticamente).

2.3.1 Diseño del edificio

Se efectuaron pruebas experimentales y cálculos estableciendo la secuencia lógica para determinar el peso de la edificación a partir de los factores de carga y la resistencia del concreto armado tal como se muestra en la Fig.3.

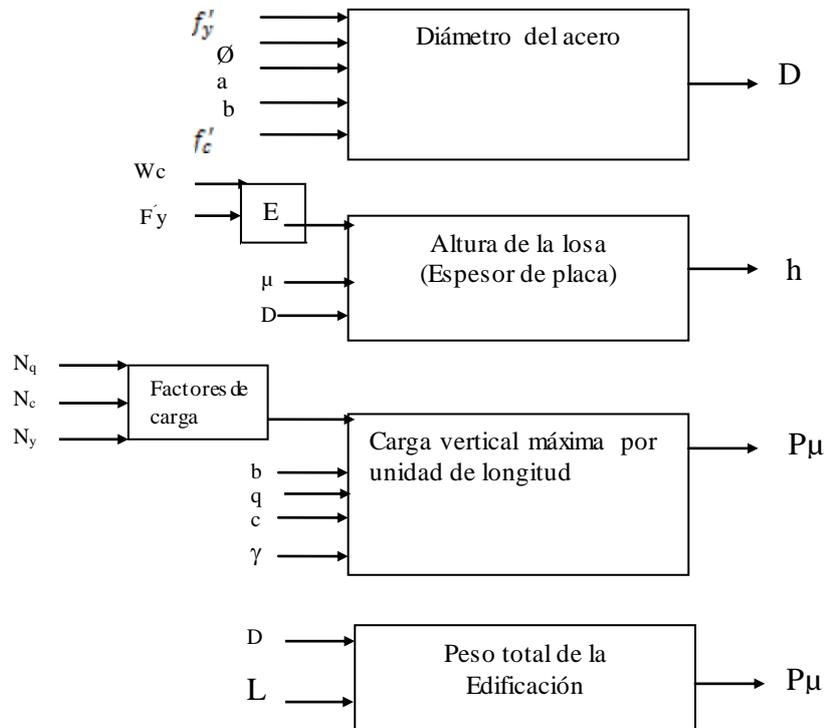


Fig. 3. Procedimiento empleado para determinar el peso total de la edificación.

Diámetro de las varillas de acero

El diámetro de las varillas de acero se obtuvo a partir del coeficiente de cuantía (\emptyset) que relaciona la resistencia del acero y del concreto según la relación (Oscar, 2001):

$$\emptyset = \frac{As f'y}{f'c (a \times b)} \quad (1)$$

Dónde:

$f'y$: Límite de fluencia del acero: Kg/cm² (evaluado experimentalmente).

$f'c$: Resistencia del concreto: Kg/cm² (evaluado experimentalmente).

As: Sección del acero: cm²; a: Longitud de la losa: cm; b: Ancho de la losa: cm; \emptyset : 0.85

De la ecuación (1):

$$Dy = \left(\frac{axbx \emptyset x f'c}{4 \pi f'y} \right)^{0.5} \quad (2)$$

Dy: Diámetro de las varillas de acero: cm

Altura de la losa

El espesor de la placa o altura h de la losa se puede determinar a partir de la ecuación del módulo de rigidez D de una lámina (Sower,2001):

$$D = \frac{Ec h^3}{12 (1 - u^2)} \quad (3)$$

h: Espesor de la placa o altura de losa: cm; u: Coeficiente de Poisson para el hormigón.

u = 0,15 a 0,20 (u = 0,175 promedio); D: Módulo de rigidez a la flexión de la placa: Kg/cm².

Ec: Módulo de elasticidad del hormigón: Kg/cm².

El módulo de rigidez E_c se determinó de acuerdo a la ecuación:

$$Ec = Wc 1.5 \times 0.14 (f'y)^{0.5} \quad (4)$$

Wc: Densidad o peso unitario del hormigón: Kg/m³.

$f'c$: Resistencia a la compresión del hormigón: Kg/cm².

Los factores: Wc; $f'c$ son obtenidos mediante ensayos experimentales.

$$Ec = (2400)^{1.5} \times 0.14 (210)^{0.5}$$

$$Ec = 238536,7 \text{ kg/cm}^2$$

El módulo de rigidez para losas basado en la teoría de la elasticidad lineal de placas (Oscar, 2001)

es, $D = 6 \times 10^7 \text{ kg/cm}^2$.

Reordenando términos:

$$\left[h = \frac{12D (1 - u^2)}{Ec} \right]^{1/3} \quad (5)$$

Reemplazando valores en (4) de ($f'c$; Wc).

Carga vertical máxima por unidad de longitud

La carga vertical máxima por unidad de longitud se calcula a partir de la ecuación:

$$\frac{Pu}{b} = qN_q + C N_c + \frac{\gamma b}{2} N_\gamma$$

Dónde: N_q ; N_c ; N_γ : Factores de carga; $N_c = 5,0$; $N_q = 1$; $N_\gamma = 1,84$

q: Sobrecarga sobre el terreno adyacente a la cimentación: Kg/m².

b: Ancho transversal de la cimentación: m.

γ : Peso específico del terreno (obtenido experimentalmente).
c: Cohesión efectiva del terreno (obtenido experimentalmente).

La sobrecarga sobre el terreno se determina según las características de las sobre cargas de uso. Se tomó como valor de anchura transversal (b): 1 m.

La cohesión efectiva del terreno considero un ángulo de fricción entre 25° y 35° (Cohesión efectiva con drenaje).

2.3.2 Ensayos de laboratorio y campo

En el estudio se llevaron a cabo los siguientes ensayos:

- Ensayos de tracción del acero: varillas de acero de corrugado ASTM A 615 grado 60 de ½" y de 1" 3/8 de Aceros Arequipa.
 - Ensayos de compresión del concreto: dimensiones de las probetas: 1411 x 900 mm.
- Muestras del suelo
- Granulometría de agregados.
 - Humedad relativa.
 - Peso específico de suelos.

Acero de refuerzo

Se determinó el límite de fluencia del acero ASTM A 615 grado 60 con la norma ASTM E 8.

Agregados y concreto

Se determinó la densidad del hormigón aplicando la norma EN 206-1: 2000.

Se evaluó la resistencia a la compresión del concreto aplicando la norma ASTM C 31 (Fig. 4).



Fig. 4. Probetas de concreto para ensayos de compresión.

Suelo y terreno

Se determinó el **peso específico** del terreno en estudio aplicando la norma ASTM D 854.

Se determinó la **cohesión efectiva del terreno** (Fig. 5) aplicando la norma NTP 339.129:1999.

Se determinó la **cohesión del suelo** mediante la prensa hidráulica de 80 TM aplicando una carga axial a una muestra cilíndrica de suelo.

La muestra, medida y pesada, fue colocada en la prensa con aplicación de carga tomando lecturas de carga y deformación cada 15 segundos, hasta que el espécimen falle.

Se realizaron los cálculos y se obtuvo el valor de la cohesión del suelo con la siguiente fórmula:

$$\text{Cohesión (C)} = q_u/2$$

Dónde: q_u = Esfuerzo máximo (kg/cm^2)



Fig. 5. Ensayos para determinar cohesión de suelo.

Para la determinación de **peso específico absoluto del suelo**, se empleó un picnómetro de 50 cc. (matraces calibrados a distintas temperaturas). El picnómetro se lavó, secó y pesó registrando su peso. Luego se procedió a llenar con agua destilada, para su posterior pesaje. De esta manera se obtuvo el peso del volumen más agua (W_a) a una determinada temperatura (T_i).

Del peso W_a , determinado a una temperatura T_i , se preparó la tabla de valores para diferentes pesos W_a y para una serie de temperaturas T_i que prevalezcan comúnmente cuando se hagan las determinaciones de (W_a).

W_a = Peso del picnómetro con agua hasta la marca calibración en g.

W_f = Peso del picnómetro en gramos; T_i = Temperatura del agua: °C.

T_x = Cualquier otra temperatura: °C.

Se secó al horno una porción de material de 150g. Se registró su peso seco en el picnómetro graduado y se registró el volumen inicial de agua.

Se vació al picnómetro con agua el integro de la muestra en forma lenta y pausada registrando el nuevo volumen.

γ = peso muestra seca / Incremento de volumen.

Determinación del peso específico.

Tiene como objetivo examinar en su estado natural las características de los tipos de suelo, que constituyen cada estrato de la zona en estudio, las técnicas de muestreos se ha realizado con la norma aplicable ASTM D 420.

Para el **análisis granulométrico** (ASSHTO T88-ASTM D422) de los agregados para las cimentaciones, determinando el porcentaje más fino que 0.002 mm (fracción arcillosa) se utilizó muestras mayores a 5 kilogramos, cuarteando, lavando la muestra permitiendo que los finos se separen del material y otros elementos que podrían tener consigo la muestra. Esto se repitió tantas veces que sea necesario. Se secó la muestra necesaria al horno a 110°C de temperatura. Se sacó del horno y se pesó 2 kilogramos de material. Se procedió al tamizado, luego se hizo la clasificación de suelos según el AASHO y SUCS.

El **Contenido de humedad porcentual** se determinó aplicando la norma ASTM D2487. Se comparó el peso del agua (W_w) con respecto al peso seco del suelo (W_s), representando por la siguiente fórmula:

$$\% w = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

Para el caso de una zapata aislada, la **capacidad de carga admisible** de los suelos se determinó en forma general por la fórmula de TERZAGHI (Joseph, 1993):

$$q_u = C N_c + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma; \quad q_u = 2/3 C N_c' + \gamma D_f N_q' + 1/2 \gamma B N_\gamma'; \quad q_{ad} = q_u / F_s$$

Dónde:

q_u : Capacidad última de carga; q_{ad} : Capacidad admisible de carga; F_s : Factor de seguridad.
 γ : Densidad natural; B : Ancho de la zapata; D_f : Profundidad de la cimentación.
 C : Cohesión; N_c' , N_q' , N_γ' : Factores de carga en función del ángulo de fricción " ϕ ".
 N_c , N_q , N_γ : Factores de carga en función del ángulo de fricción " ϕ ".
 (Nivel de cimentación considerado: 1,50 m).

La **capacidad de carga admisible por asentamiento** se determinó en base a la teoría de la elasticidad y conociendo el tipo de cimentación recomendado. El asentamiento inicial se calculó con:
 $S = \Delta q_s B (1 - u^2) I_w$.

Dónde:

S = Asentamiento en cm.
 Δq_s = Esfuerzo neto transmitido ($Kg. /m^2$); B = Ancho de la cimentación (m).
 E_s = Modulo de elasticidad ($Kg. /m^2$); u = Relación de Poisson.
 I_w = Factor de influencia, en función de la forma y rigidez de la cimentación.

2.3.3 Determinación de las cargas de la edificación

En la Fig. 6, integrado holísticamente, se presenta el procedimiento para determinar las cargas de una edificación mediante factores de carga y resistencia del concreto armado.

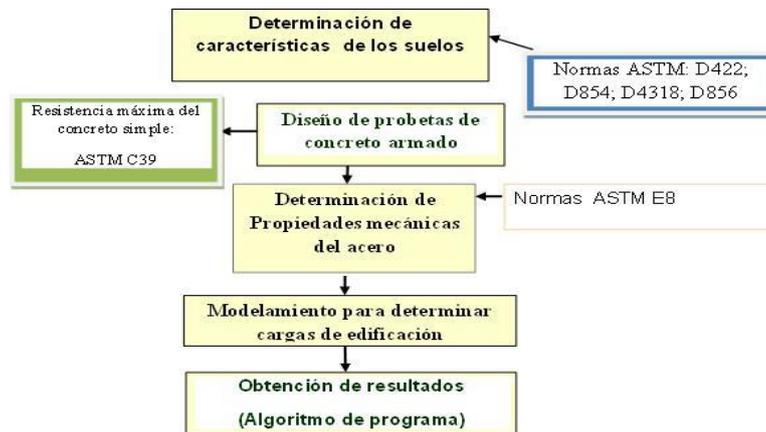


Fig. 6. Procedimiento para determinar las cargas de una edificación mediante factores de carga y resistencia del concreto armado.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Acero de refuerzo

Límite de fluencia

La tabla 2 corresponde al ensayo de esfuerzo - deformación total del acero ASTM A615 G 60 en estado de suministro para determinar a partir de ello el límite máximo de tracción y el límite de fluencia requerido para el diseño del diámetro de las varillas de acero tal como se muestra en la tabla 3.

La figura 7, que corresponde a los datos de la tabla 2, permitió determinar el límite de fluencia considerando el 0,2% de la deformación total del acero.

En la tabla 3 se muestra los valores correspondientes además del valor admisible del acero (σ_{ad}) determinado tomando en cuenta el factor de seguridad recomendado; el esfuerzo resultante del acero corresponde al mismo valor del coeficiente admisible del acero para edificaciones.

Tabla 2. Datos esfuerzo – deformación del acero ASTM A 615 G 60

<i>Esfuerzo (Kg./cm²)</i>	<i>Deformación Total (mm.)</i>
878	0,880
1400	1,778
2106	2,413
2528	3,05
3230	5,08

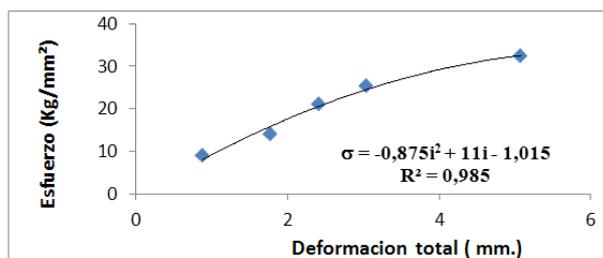


Fig. 7. Diagrama esfuerzo - deformación del acero ASTM A 615 G 60

La evaluación de las probetas de acero ASTM A615 mediante ensayos de tracción-deformación total muestra una tendencia polinómica de acuerdo a la ecuación:

$$\sigma = -0,875i^2 + 11i - 1,015.$$

La tabla 3 muestra el valor admisible del acero ($\sigma_{adm.}$) de 1516,8 Kg. /cm² y un límite de fluencia (f'_y) de 2528Kg. /cm² de ello se deduce un factor de seguridad correspondiente a 1,66 que de acuerdo al código técnico de la edificación que recomiendan los coeficientes parciales de seguridad:

- γ_{M0} = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.
- γ_M = 1,05 coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.
- γ_{M2} = 1,25 coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.

De acuerdo a estos coeficientes el valor determinado es ligeramente superior.

Tabla 3. Diseño a flexión del acero ASTM A 615 G 60

	<i>Símbolo</i>	<i>(Kg./cm²)</i>
Límite de fluencia del acero	f'_y	2528,0
Valor admisible del acero	σ_{ad}	1516,8
Esfuerzo resultante del acero	σ_s	1518,0

Diámetro del acero

La ecuación (6) relaciona las dimensiones de la losa con la resistencia del acero y el concreto mediante el factor de cuantía que, según las normas de edificaciones (Diario El Peruano, 2006), se recomienda una cuantía de 0,85.

$$a * b = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c} ; f'_y: 2528 \text{ kg/cm}^2 \quad (6)$$

Dónde:

a, b: dimensiones de la losa; A_s : Sección de las varillas de acero; f'_y : Límite de fluencia del acero: 2528 kg/cm²; f'_c : Resistencia del concreto: 210 kg/cm².

Reemplazando valores de resistencia del acero, del concreto respectivamente y considerando una sección circular se deduce la expresión para el diámetro de las varillas de acero:

$$D_y = 0,3 (a*b)^{0,5} \text{ cm.}$$

La tabla 4 corresponde a los parámetros de diseño a flexión del acero ASTM A 615 G 60 calculado a partir del límite de fluencia (considerando el 0,2% de la deformación total del acero), el valor admisible del acero (σ_{ad}) se determinó tomando en cuenta el factor de seguridad recomendado de 1,67 y por lo tanto, el esfuerzo resultante del acero es el mismo al admisible para el diseño del diámetro de las varillas para la edificación. La tabla 4 presenta el modelo matemático obtenido a partir de la ecuación de rigidez y el módulo de elasticidad (ec. 4), la cual es evaluada mediante los datos experimentales de la densidad de la losa (W_c) y la resistencia a la compresión ($f'c$).

Tabla 4. Parámetros de diseño a flexión del acero ASTM A 615 G 60. Diámetro de las varillas de acero ASTM A 615 G 60 en función de las dimensiones de la losa

Fórmula, diámetro de las varillas	Factor de cuantía \emptyset	Resistencia del concreto $f'c$ (Kg/cm2)	Límite de fluencia del acero $f'y$ (Kg/cm2)	Diámetro en función de las dimensiones de la losa
$D_y = \left(\frac{a \times b \times \emptyset \times f'c}{4\pi f'y} \right)^{0,5}$	0,85	210	2528	$D_y = 0,3 (a \times b)^{0,5}$

En la tabla 5 se calculó el diámetro de las varillas de acero BC-1-E 42 (ASTM A 615 G 60) para la cimentación en la zona del ascensor de la edificación de centro comercial: Negocios e inversiones el Virrey las cuales son determinadas de acuerdo al modelo anteriormente expresado. La tabla 5 presenta el modelo matemático deducido a partir de la expresión matemática para determinar el diámetro de las varillas de acero ASTM A 615 a partir del factor de cuantía y las propiedades mecánicas del concreto y el acero el modelo matemático queda definido solamente en función de las dimensiones de la losa, teniendo en cuenta que la cuantía, la resistencia del concreto ($f'c$) y el límite de fluencia del acero están definidos por las normas técnicas de edificación.

En la tabla 5 se determinó el diámetro de las varillas de acero ASTM A 615 para la cimentación en la zona del ascensor del centro comercial El Virrey, para su comprobación se empleó el modelo matemático propuesto.

Tabla 5. Diámetro de las varillas de acero grado 60 en la cimentación en zona de ascensor de Edificación de centro comercial: Negocios e Inversiones el Virrey; BC-1-E 42-ASTM A 615 G 60

Diámetro del acero grado 60 (cm.)	Dimensiones de la cimentación (zona del ascensor) por varilla (m)	Diámetro de varilla de acero grado 60 (cm)	(pulg.)
a = 0,15	b = 0,40	1,788	5/8

Plano: Estructuras detalles: Lamina E – 060

Para el cálculo del acero los resultados muestran que el diámetro de las varillas de acero en la construcción de las losas puede ser determinado a partir de sus dimensiones teniendo en cuenta que se trata de concreto armado donde el volumen total de hormigón de la cimentación incide en la proporción de la armadura y el encofrado completo. La fuerza cortante está en función de la fuerza cortante última producida por la carga propia de la edificación y por la carga sobre impuesta al concreto con los respectivos factores de seguridad, que se puede expresar en términos de la cuantía del acero de refuerzo en una estructura.

3.2 Concreto

En la tabla 6 se presenta los resultados de evaluar experimentalmente la resistencia máxima de compresión en probetas de concreto ($f'c_{max}$) empleando cemento Portland A.S.T.M. C-1157, tipo

extraforte de la empresa Cementos Pacasmayo. Para calcular el coeficiente admisible y por lo tanto el esfuerzo de compresión actuante en el concreto se empleó el factor de seguridad promedio de 2,29 kg./m³ (Norma A.S.T.M C27).

Tabla 6. Compresión del concreto endurecido; Norma A.S.T.M C27

	<i>Símbolo</i>	<i>(Kg./cm²)</i>
Resistencia máxima a la compresión del concreto simple	$f' C \text{ max.}$	226,615
Resistencia del concreto teórico*	$f' C$	210,000
Esfuerzo admisible del concreto	σ_{ad}	99,000
Esfuerzo de compresión actuante en el concreto	σ_c	99,000
Carga de rotura: 41 074 Kg.		

* Asentamiento: concreto fresco 3 a 4 pulgadas. (Concreto fresco).

Para el caso de sollicitación por compresión del concreto simple se recomienda que cumpla con $\sigma_{c \leq} \sigma_{adm} = 0,45f'_c$.

En la tabla 6 se especifica el valor admisible del concreto (σ_c) que, de acuerdo a las normas de edificaciones es $\sigma_c = 0,44f'_c \text{ max.} = 99,000 \text{ Kg/cm}^2$; este es el mismo esfuerzo por compresión actuante en el concreto.

La tabla 6 muestra la resistencia máxima del concreto simple de 226,6Kg./cm² con un módulo de finura de 2,8 % y una densidad relativa promedio de grava de 2,29 kg./m³ (Norma A.S.T.M C27); el valor teórico del concreto simple es de 210 Kg./cm² el cual es inferior al valor experimental obtenido. Esto se explica por el empleo del cemento denominado comercialmente extraforte con propiedades químicas mejoradas comparadas al cemento clásico. Para el caso de sollicitación por compresión del concreto simple se recomienda que cumpla con $\sigma_{c \leq} \sigma_{adm} = 0,45f'_c$; según los valores mostrados en la tabla 6 el valor de $\sigma_{c \leq} \sigma_{adm} = 94,5$, según el valor especificado para el concreto f'_c .

En el diseño de edificaciones se requieren determinar los valores admisibles del concreto y del acero. En este caso, todo el peso propio del tablero y del concreto lo soporta la lámina de acero misma. Sólo las cargas que se apliquen con posteridad al fraguado del concreto (cargas sobre impuestas), como son las cargas muertas adicionales y las cargas vivas, actuarán sobre la acción compuesta, considerando que ya sobre la lámina hay esfuerzos previos actuando. El método de los esfuerzos admisibles para diseño a flexión está basado en la fluencia del ala inferior de la lámina colaborante (fibra más alejada del eje neutro). Este método resulta adecuado cuando no hay suficientes pernos de corte sobre la viga perpendicular a la dirección de la lámina colaborante. En este procedimiento se combinan los esfuerzos de la lámina, causados por su unión con el concreto, con los esfuerzos causados por las cargas de servicio actuando sobre la sección compuesta. Los esfuerzos resultantes se comparan con los valores admisibles de acuerdo con las siguientes cargas: Cargas muertas (producto de tabiquería y acabados) Cargas vivas (producto del tipo de uso de la edificación, se obtiene directamente del Reglamento Nacional de Construcción).

La luz entre apoyos (en este punto se comenzará por definir previamente la ubicación de las vigas principales y viguetas).

3.3 Suelo y cimentación

La tabla 7 y la tabla 8, muestran los resultados de evaluar muestras de suelo en la zona de estudio: peso específico y contenido de humedad promedio de acuerdo a las normas ASTM D-1587 y ASTM D - 2216, respectivamente.

La Tabla 9 muestra los tipos de suelos del centro histórico de Trujillo según la clasificación unificada de suelos norma ASTM D-2487; esta evaluación permite determinar la calidad del suelo respecto a la resistencia mecánica para la edificación. Las tablas 7, 8 y 9 muestran resultados de evaluar las propiedades físicas del suelo para la zona de estudio (centro Histórico. Av. España, Gamarra – Grau).

La tabla 10 muestra las propiedades físicas del suelo correspondiente al Centro Histórico de Trujillo el cual tiene un tipo de suelo: arena fina (SP-SM), Se aplicó las normas: ASTM D - 422, D - 854, D - 4318, D - 856. La tabla 10, resume las propiedades físicas del suelo, determinando experimentalmente el peso específico de la muestra del suelo según norma ASTM D 854, el contenido de humedad de la muestra del suelo se realizó empleando la Norma ASTM D 2216.

La determinación de la cohesión del suelo y el tipo de suelo se determinaron empleando las normas técnicas de edificación E 050 comprendido en estudios de mecánica de suelos (EMS).

La tabla 11 presenta el modelo para determinar la carga vertical máxima por unidad de longitud de cimentación de acuerdo a las características del suelo y sobre carga de uso según las Normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones Norma G.010 (2006). La tabla 11 muestran la aplicación del modelo matemático aplicado a la zona de estudio con un valor de sobre carga (q) correspondiente a una zona de alta concentración (comercial), empleando los parámetros físicos determinados experimentalmente (peso específico cohesión efectiva del terreno) resultando una carga vertical total de $P_{\mu} = 22,04 \text{ Ton/m}^2$.

Tabla 7. Peso específico de la muestra de suelo (Cercado de Trujillo); Norma ASTM D-1587

<i>volumen del picnómetro</i>	<i>(cm³)</i>	<i>500,00</i>
peso de la muestra	(g.)	955,00
peso del picnómetro	(g.)	788,31
peso del picnómetro + muestra	(g.)	1304,50
Peso específico	(g /cm ³)	1,910

Tabla 8. Contenido de humedad de la muestra de suelo (Cercado de Trujillo); Norma ASTM D-2216

Descripción	Peso promedio (g)
Peso del recipiente	15,94
Peso del recipiente + suelo húmedo	109,33
Peso del recipiente + suelo seco	87,3
Peso de suelo seco	71,36
Peso de agua	22,03
% de humedad	30,87
% de humedad promedio	30,87

Tabla 9. Determinación del tipo de suelos del centro histórico de Trujillo; Norma ASTM D-2487

Lugar	Profundidad (m)	Tipo de suelo	Resistencia mecánica
Av. España	1.50 – 2.00	Arena fina (SP – SM)	Buena
Ayacucho - Junín	1.40 – 2.00	Arena limosa (SM)	Regular
Pizarro - Independencia	0.60	Arena arcillosa (SL)	Mala

Tabla 10. Propiedades físicas del suelo del centro histórico de Trujillo Tipo de suelo: Arena fina(SP – SM); Norma ASTM D - 422, D - 854, D - 4318, D – 856.

Parámetro	Símbolo	Resultado	Unidad
Cohesión	C	0,0014	Kg /cm ²
Peso específico	γ	1,910	Kg /m ³
Humedad	%Ww	30,87	%

Tabla 11. Carga vertical máxima por unidad de longitud de cimentación de acuerdo a las características del suelo y sobre carga de uso; Norma ASTM G.010 (2006).

Carga vertical total (Kg/m²)	Carga viva para zona de alta concentración (kg/m)	Peso específico del terreno γ (Kg/m³)	Cohesión efectiva del terreno (kg/m³)	Carga total para zona de alta concentración (Ton/m²)
$\frac{P_u}{b} = q + 5C + 0,92\gamma$	500	1960	3948	22,04

El suelo constituye el soporte de la estructura, es el agente transmisor de la excitación sísmica, desde el foco de la superficie como tal, ajusta algunas de las características de las ondas a sus propiedades dinámicas particulares. Así por ejemplo, un suelo arcilloso como el que existe en la ciudad de Trujillo filtra los componentes de la aceleración de mayor frecuencia, mientras que se amplifica en un 100% o, en todo caso, los componentes de baja frecuencia, sea cual fuese el cambio que la onda sufra a su paso por el suelo, la estructura percibe el movimiento tal como aflora a la superficie, considerando eso sí, que la función no constituye por ningún motivo un empotramiento rígido de la misma. Dependiendo del grado de acoplamiento entre la cimentación y el suelo, la estructura revierte a esta parte de la energía absorbida en forma de presiones adicionales, que bien pueden modificar sus características y su comportamiento, y hasta producir la falla de la cimentación.

En el diseño de edificaciones se requieren determinar los valores admisibles del concreto y del acero. En este caso, todo el peso propio del tablero y del concreto lo soporta la lámina de acero misma. Sólo las cargas que se apliquen con posterioridad al fraguado del concreto (cargas sobre impuestas), como son las cargas muertas adicionales y las cargas vivas, actuarán sobre la acción compuesta, considerando que ya sobre la lámina hay esfuerzos previos actuando. El método de los esfuerzos admisibles para diseño a flexión está basado en la fluencia del ala inferior de la lámina colaborante (fibra más alejada del eje neutro). Este método resulta adecuado cuando no hay suficientes pernos de corte sobre la viga perpendicular a la dirección de la lámina colaborante. En este procedimiento se combinan los esfuerzos de la lámina, causados por su unión con el concreto, con los esfuerzos causados por las cargas de servicio actuando sobre la sección compuesta. Los esfuerzos resultantes se comparan con los valores admisibles de acuerdo con las siguientes cargas: Cargas muertas (producto de tabiquería y acabados) Cargas vivas (producto del tipo de uso de la edificación, se obtiene directamente del Reglamento Nacional de Construcción).

Las propiedades físicas de un suelo fino quedan cualitativamente definidas en forma aproximada a partir de la ubicación de ese suelo en la carta de plasticidad (según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3" = 75 mm; el suelo es fino cuando más del 50% pasa el tamiz # 200, sino, es granular); sin embargo, dada la importancia del tema, resulta conveniente puntualizar algo más algunas relaciones que la experiencia ha confirmado de un modo bastante digno de confianza. La práctica de laboratorio ha indicado que la compresibilidad de los suelos, a igual carga de preconsolidación, es aproximadamente proporcional al límite líquido. Al comparar las propiedades físicas de suelos que tengan el mismo límite líquido, se encuentra que, creciendo el índice plástico, aumentan las características, de tenacidad y resistencia en estado seco, en tanto que disminuye la permeabilidad, de manera que dos suelos con el mismo límite líquido son similarmente compresibles. Al comparar las propiedades físicas de suelos que tengan el mismo límite líquido, se encuentran que, creciendo el

índice plástico, aumentan las características de tenacidad y resistencia en estados seco, en tanto que disminuye la permeabilidad.

La luz entre apoyos (en este punto se comenzará por definir previamente la ubicación de las vigas principales y viguetas).

Para el diseño del soporte de la zapata se debe tener en cuenta que sus dimensiones son directamente proporcionales a la capacidad portante del suelo, es por eso que es muy importante la identificación de suelos dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; obviamente en el grupo que le corresponde según sus características. La identificación permite conocer, en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, atribuyéndoles las del grupo en que se sitúe; naturalmente según ya se dijo, la experiencia juega un papel importante en la utilidad que se pueda sacar de la clasificación; por ejemplo las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo son la investigación de la características de dilatación, de tenacidad y de resistencia en estado seco. El color y el olor del suelo pueden ayudar, especialmente en suelos orgánicos.

Las propiedades físicas de un suelo fino quedan cualitativamente definidas en forma aproximada a partir de la ubicación de ese suelo en la Carta de Plasticidad; sin embargo, dada la importancia del tema, resulta conveniente puntualizar algo más algunas relaciones que la experiencia ha confirmado de un modo bastante digno de confianza. La práctica de laboratorio ha indicado que la compresibilidad de los suelos, a igual carga de preconsolidación, es aproximadamente proporcional al límite líquido, de manera que dos suelos con el mismo límite líquido son similarmente compresibles. Al comparar las propiedades físicas de suelos que tengan el mismo límite líquido, se encuentran que, creciendo el índice plástico, aumentan las características de tenacidad y resistencia en estados seco, en tanto que disminuye la permeabilidad.

El suelo constituye el soporte de la estructura, es el agente transmisor de la excitación sísmica, desde el foco de la superficie como tal, ajusta algunas de las características de las ondas a sus propiedades dinámicas particulares. Así por ejemplo un suelo arcilloso como el que existe en la ciudad de Trujillo filtra los componentes de la aceleración de mayor frecuencia, mientras que se amplifica en un 100% en todo caso los componentes de baja frecuencia, sea cual fuese el cambio que la onda sufra a su paso por el suelo, la estructura percibe el movimiento tal como aflora a la superficie, considerando eso sí, que la función no constituye por ningún motivo un empotramiento rígido de la misma. Dependiendo del grado de acoplamiento entre la cimentación y el suelo, la estructura revierte a esta parte de la energía absorbida en forma de presiones adicionales, que bien pueden modificar sus características y su comportamiento, y hasta producir la falla de la cimentación.

Para el diseño del soporte de la zapata se debe tener en cuenta que sus dimensiones son directamente proporcionales a la capacidad portante del suelo; es por eso que es muy importante la identificación de suelos dentro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos; obviamente, en el grupo que le corresponde según sus características. La identificación permite conocer, en forma cualitativa, las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, atribuyéndoles las del grupo en que se sitúe. La experiencia juega un papel importante en la utilidad que se pueda extraer de la clasificación; por ejemplo las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo son la investigación de la característica de dilatación, de tenacidad y de resistencia en estado seco. El color y el olor del suelo pueden ayudar, especialmente en suelos orgánicos.

3.4 La losa de la edificación

En la tabla 12 se muestra los parámetros de diseño de losas bidireccionales macizas y la ecuación de Lagrange para placas (García, 2000), en función de las dimensiones de la losa.

Tabla 12. Parámetros de diseño de la losa y ecuación de Lagrange para placas (García, 2000)
Espesor de la placa de losa en función de su densidad y resistencia a la compresión

Ecuación de Lagrange espesor de placas	D = Módulo de rigidez a la flexión de la placa (Kg/cm ²)	U = Coeficiente de Poisson para el hormigón	Ec = Módulo de elasticidad del hormigón (Kg/cm ²)	Espesor de la losa (Cm)
$h = \left[\frac{12D(1 - U)^2}{E_c} \right]$	6,0 x 10 ⁷	0,175	238 536,7	$h = \frac{6335,57}{W_c 1,5 \times f'c 0,5}$

En la tabla 13, se calculó el espesor de la placa de losa de compresión en función de su densidad y resistencia a la compresión del concreto. En ingeniería estructural, las placas y las láminas son elementos estructurales que geoméricamente se pueden aproximar por una superficie bidimensional y que trabajan predominantemente a flexión, según la ecuación de Lagrange para placas delgadas (Goble, 1999).

Tabla 13. Espesor de la placa de losa de compresión en función de su densidad y resistencia a la Compresión del concreto

Espesor de la placa de la losa (cm)	Densidad de la losa Wc (Kg/m ³)	Resistencia a la compresión f'c (Kg/cm ²)	Espesor de la placa de losa (cm)
$h = \frac{1518,23}{W_c 0,5 \times f'c 0,17}$	2400	210	12,5

Los valores que figuran en la tabla 13 son valores obtenidos para La zona de estudio, de tal manera que:

Wc= 2400 Kg/m³ (obtenido experimentalmente); f'c = 210 (obtenido experimentalmente); h = 12,5 cm (calculado a partir del modelo).

De la expresión (7), se calcula la altura efectiva de la losa (d) empleando una cuantía de armado mínima de 0,0003, un valor de rigidez a la flexión de la placa (hr = lámina metálica placa colaborante) de 1485,2 Kg/cm² y un espesor de placa de 0,00176 m, un módulo de corte o rigidez transversal del acero ASTM A 615 G 60 de 21 06 446 Kg/cm² (calculado a partir del coeficiente de Poisson y el módulo de elasticidad del hormigón).

$$\left(\frac{h-h_r}{d} \right) = \frac{h_r \cdot G + D}{G} \quad (7)$$

Reemplazando valores y reduciendo términos, se determina la ecuación de altura efectiva en función del espesor y alturas de la losa:

hr: Espesor de placa colaborante de acero: 0,00176m (1/16")

G: Módulo de corte o rigidez transversal del acero ASTM A 615 G 60: 21 06 446 Kg/cm²

D: Rigidez a la flexión de la placa colaborante: 1485,2 Kg/cm²

Cuantía de armado mínima: 0,0003,

$$\left(\frac{h-h_r}{d} \right) = \frac{0,00176 \cdot 2106446 + 1485,42}{0,003 \cdot 2106446} \quad (8)$$

d = 1,2165 (h - hr) (9) dónde, d= Altura efectiva de la parte superior de la losa al centro del centroide del acero; h: espesor nominal de la losa (cm.); hr: altura de la lámina metálica placa colaborante.

A partir de la ecuación (9) se puede determinar la altura de la placa colaborante (hr) en función de la altura de losa y espesor nominal de la losa, en cm.

Para el cálculo del acero los resultados muestran que el diámetro de las varillas de acero en la construcción de las losas puede ser determinado a partir de sus dimensiones teniendo en cuenta que se trata de concreto armado donde el volumen total de hormigón de la cimentación incide en la proporción de la armadura y el encofrado completo. La fuerza cortante está en función de la fuerza cortante última producida por la carga propia de la edificación y por la carga sobre impuesta al concreto con los respectivos factores de seguridad, que se puede expresar en términos de la cuantía del acero de refuerzo en una estructura.

En el diseño de una armadura máxima, con el objeto de asegurar una ductilidad mínima con armadura a una losa que el 75% de la cuantía balanceada para el caso de no resistir un sismo, y que el 50% de la cuantía balanceada cuando resiste un sismo tal como se indica: $\rho_{m\acute{a}x} = 0.75 \rho_b$ (si las losas no resisten sismo); para el caso de las losas resistentes a un sismo: $\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 \rho_b$.

Las losas compuestas con una cuantía de acero menor que ρ_b están sobreforzadas y el acero en la lámina estará en fluencia en el momento en que el concreto alcance su deformación límite, mientras que aquellas con una cuantía de acero superior de ese límite se encuentran sobre reforzadas y tendrán un esfuerzo sobre el acero menor que su límite de fluencia, cuando el concreto alcance su deformación límite.

3.5. Peso total de la edificación

La Tabla 14 presenta el modelo de carga vertical máxima por unidad de longitud en función de los factores determinados según análisis de confiabilidad simple para la determinación de los rangos apropiados de los factores de carga en estados límites últimos correspondientes a los cuatro tipos de cargas diferentes consideradas, según Código de la American Concrete Institute, ACI (Goble, 1999). Se presenta la ecuación para determinar la carga vertical máxima por unidad de longitud en función de los factores de carga: N_q , N_c ; N_γ cuyos valores son determinados a partir de la ecuación (6), mientras que el peso específico del suelo, la cohesión efectiva del terreno (C) son evaluados experimentalmente a partir de la muestra del suelo; para la determinación de la carga vertical máxima en suelos del centro histórico de Trujillo el modelo se reduce a sumar la sobrecarga el terreno en la cimentación(q), la cual depende de la actividad a que está destinada la edificación.

TABLA 14. Carga vertical máxima por unidad de longitud en función de los factores (zonas)

Fórmula de la carga vertical máxima por unidad de longitud	Factor de carga N_c	Factor de carga N_q	Factor de carga N_γ	Peso específico del suelo γ (Kg/m ³)	Cohesión efectiva del terreno c (Kg/m ²)	Carga vertical máxima (Ton/m ²)
$\frac{P_u}{b} = qN_q + C N_c + \frac{\gamma b}{2} N_\gamma$	5,0	1,0	1,84	1960	3948	$P_u = 21,5 + q$

En la tabla 15 se determinó el peso total de la edificación destinada a viviendas teniendo en cuenta la Norma técnica de edificación para diseño sismo resistente (E.030, 2003). Se resume el peso total de una edificación construida teniendo en cuenta las normas técnicas de edificación, el peso de los elementos constructivos, la carga permanente la cual depende del tipo de actividad destinada a la edificación y la carga viva referida principalmente al diseño antisísmico.

Para zonas de concentración se usó: 500/m²; $P_u = 1,4 D + 1,7 L = 1,4 (1034) + 1,7 (500) = 2294,8 \text{ Kg/m}$.

$P_u = 2294,8 \text{ Kg/m}$.

Tabla 15. Peso total de la edificación (Comercial El virrey) con los datos: a) base 1m lineal de losa; b) densidad de losa: 2400 Kg/m³; c) densidad de relleno: 2000 Kg/m³; d) densidad de enlucido: 2200 Kg/m³.

Especificación	Peso unitario (Kg/m)
Peso loseta de compresión	120
Peso de nervios transversales	240
Peso de nervios longitudinales	240
Aliviamientos (02 aliviamientos de 05 bloques cada uno)	120
Peso propio	720
Peso relleno de la losa (aproximadamente 9 cm)	180
Enlucido y masillado (2cm de masillado)	44
Recubrimiento del piso cerámica de 2cm. de espesor	44
Carga Permanente	1032
Carga Viva	500
Carga ultima de diseño	2294,8

El presente trabajo tiene como limitante, el que aborda, sólo, el aspecto del análisis y el cálculo. En las edificaciones se deben tener en cuenta el empleo del acero, sus bondades y defectos como material estructural, y su comportamiento ante sismos recientes.

En el planteamiento de una solución estructural que use al acero como material estructural se deberá tener en cuenta que un edificio con alto empleo de acero no necesariamente es más caro puesto que no depende fundamentalmente del material con que se construirá el edificio, sino de muchos parámetros tales como los factores de carga que, analizados en su totalidad, nos den la solución más óptima, no sólo, técnicamente sino también económicamente. En la actualidad, este problema es muy manejable desde que la fabricación de perfiles en base a planchas soldadas se hace con modernos equipos que trabajan automáticamente, de esta forma, en los procesos de fabricación actuales, se puede encontrar una mayor rapidez de fabricación a un menor costo, con alto estándares de calidad y confiabilidad.

En el presente estudio se determinó así, el peso total de una edificación para determinar las características constructivas de la cimentación teniendo en cuenta la capacidad portante del suelo y las características de resistencia de los elementos constructivos (factores de carga).

IV. CONCLUSIONES

1. Es posible determinar las cargas de una edificación mediante las siguientes fórmulas empíricas: diámetro de varillas de acero, $D_v = 0,3 (a b)^{0,5}$ donde a y b son las dimensiones de la losa; altura efectiva de la parte superior de la losa al centro del centroide del acero a tensión, $d = 1,2165 (h - h_p)$; momento nominal resistente de la losa sobreforzada, $M_n = 1985,5 D_v^2 (d - 0,5 a) 10^5$; dimensión del soporte de zapata concentrada $P_s = \sigma_t (P_d)$ n niveles; valor admisible del acero $\sigma_{ad} = 0,78 f'_y$; valor admisible del concreto $\sigma_c = 0,45 f'_c$.
2. El peso total de una edificación para diferente número de pisos y usos se calcula a partir de las propiedades mecánicas del concreto armado, determinando el diámetro de las varillas de acero ASTM 615 y la capacidad portante del suelo donde se edificara el edificio, los cuales constituyen los factores de carga.
3. La aplicación del modelo de cálculo a la edificación del Centro comercial negocios e inversiones el Virrey de Trujillo, proporcionó resultados para: peso loseta de compresión, peso de nervios transversales, peso de nervios longitudinales, aliviamientos, peso propio, peso relleno de la losa, enlucido y masillado, recubrimiento del piso cerámica, carga permanente, carga Viva y carga ultima de diseño.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. 2010. Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, Universidad Estatal de Pensilvania, 9 pag.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. 2001. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. IMCyC, ISBN 9684641079, 9789684641075, 69 pág.
- AGUADO, DE CEA A., ROCA, P. 1994. **Filosofías asociadas a la construcción mediante elementos prefabricados de hormigón.** Cemento-Hormigón, Vol. 735.
- AROCA, H. (2008): Arriostramiento. Cuadernos del Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.
- AMARENGO, B 2011. **Consideraciones Básicas - Norma G.010 – RNE.** Arquitectura Peruana Amarengo. Primer portal peruano que difunde, noticias, eventos y temas relacionados con la arquitectura, construcción, urbanismo, artes y ecología del Perú.
- ASTM, 1992. **ASTM Standars on Soil Stabilization with Admixtures.** Edición Philadelphia.
- BARDET, J.P. 1997. **Experimental Soil Mechanics.** Edición Pearson Education.
- BOWLES, J. 1995. **Manual de Laboratorio de Suelos en la Ingeniería Civil.** Edición Mc Graw-Hill Latinoamericana.
- BRANSON, D.E. 1980. **Deflexiones de estructuras de concreto reforzado y pre reforzado.** Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- CALAVERA, R.J. 1999. **Proyectos y cálculo de estructuras de hormigón.** 2 tomos. Instituto Técnico de Materiales y Construcciones. INTEMAC, Madrid.
- DEZDY, A.; ZEEVAERT L.; REESE C. Y VESIC, A. 1976. **De las Cimentaciones Profundas.** Edit. Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. México.
- FLORES, J. 1986. Cimentaciones falladas por sismos. Simposio “Los sismos de 1985, Casos de Mecánica de Suelos”. Sociedad Mexicana de Mecánicas de Suelos, México.
- GARCÍA, S. 2000. Recomendaciones para el proyecto y construcción de placas. Ecuación diferencial de las placas; Ecuación de Lagrange. Suelo seco). 2000 – 3000, Mexico.
- GONZÁLEZ, C., ROBLES, F. 2002. **Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado.** Cuarta Edición. Editorial Limusa, México.
- HERMINIER, R. 1968. **Mecánica de suelos y dimensionamiento de firmes.** Edición Blume, Barcelona, España.
- INTERNATIONAL BUILDING CODE. 2000. Volumen 1 de International Codes, Building Officials and Code Administrators international. International Code Council, Incorporated, 2000.
- JIMÉNEZ, M.P., MORÁN, C.F., GARCÍA, M. 2000. **Hormigón armado basado en la normativa para hormigón estructural EHE-98.** 14° ed. Editorial Mc Graw Hill, Barcelona.
- JOSEPH, E.B. 1993. **Diseño de acero estructural.** Editorial Limusa, España.
- JUÁREZ E., RICO, A. 1990. **Mecánica de Suelos. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos,** Tomo I, II, III. Edit. Limusa, S.A. México.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2003. Norma técnica de edificación E.030. Presidente: Dr. Javier Piqué del Pozo, asesor: Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi, secretario técnico: SENCICO.
- OSCAR, B., LÓPEZ, H. 2001. **Estructuras de acero comportamiento y diseño.** Editorial Limusa, México.

- PARK, R., PAULAY, T. 1998. **Estructuras de concreto reforzado**. Editorial Limusa, México.
- PARKER, R., PAULAY, T. 1998. **Estructuras de concreto reforzado**. Editorial Limusa, México.
- PAULO, H., FERNANDA, P. 1999. **Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón – Reparación, refuerzo y protección**. Edición Rehabilitar.
- PROVISIONS OF STEEL BUILDINGS OF AMERICAN IRON AND STEEL CONSTRUCTION. 1997. American Institute of Steel Construction (AISC).
- RICO, A., DEL CASTILLO H. 1974. **La ingeniería de suelos en las terrestres**. Tomo 2. Edit. Limusa, México.
- SÁNCHEZ S. M. 2009. Nuevos conceptos para la evaluación cualitativa de la confiabilidad en el diseño estructural. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- SOWER, G. 2001. **Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones superficiales**. Edición Limusa, México.
- UNIFORM BUILDING CODE. 2009. Handbook to the Uniform Building Code: an Illustrative Commentary. WHITTIER, CALIFORNIA 90601 – 2298, 5360 Workman Mill Road International Conference of Building Officials, 1987.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. 1977. **Diseño y construcción de estructuras de concreto**. Edición Instituto de Ingeniería UNAM. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México.