

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**“Interacción suelo-estructura en base a modelos dinámicos -
Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y A.E. Sargsian”**

Por:

Marcos Ruben Gutierrez Rodriguez

Asesor:

Mg. Leonel Chahuares Paucar

Lima, diciembre 2019

DECLARATORIA JURADA
DE AUTORIA DEL TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN

Mg. Leonel Chahuares Paucar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: "INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA EN BASE A MODELOS DINÁMICOS NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87 Y A.E. SARGSIAN" constituye la memoria que presenta el estudiante Marcos Ruben Gutierrez Rodriguez para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 02, diciembre del 2019.

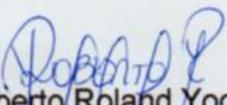

Mg. Leonel Chahuares Paucar

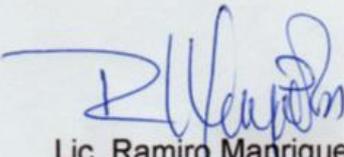
Interacción suelo-estructura en base a modelos dinámicos Norma Rusa
SNIP 2.02.05-87 y A.E. Sargsian.

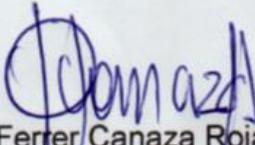
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

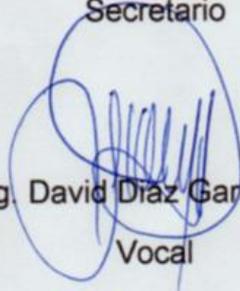
Presentado para optar el Grado Académico de Bachiller en
Ingeniería Civil

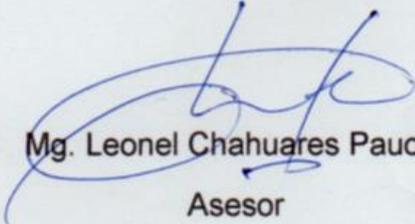
JURADO CALIFICADOR


Ing. Roberto Roland Yoctun Rios
Presidente


Lic. Ramiro Manrique Rua
Secretario


Ing. Ferrer Canaza Rojas
Vocal


Ing. David Diaz Garamendi
Vocal


Mg. Leonel Chahuares Paucar
Asesor

Lima, 02 de diciembre de 2019

**Interacción suelo-estructura en base a modelos dinámicos – norma
Rusa SNIP 2.02.05-87 y A.E. Sargsian**

“SOIL-STRUCTURE INTERACTION BASED ON MODELS
DYNAMIC-RUSSIAN STANDARD SNIP 2.02.05-87 AND A.E.
SARGSIAN”

GUTIERREZ RODRIGUEZ MARCOS RUBEN*

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

El objetivo de este artículo, es describir los efectos causados en una edificación, aplicando el análisis dinámico de interacción suelo-estructura (ISE), tomando en cuenta al suelo como material influyente en la rigidez de la base en la cimentación, desplazamientos y periodos de diseño que nos otorgara resultados más reales para considerar el análisis suelo-cimentación-superestructura.

Rusia es el país que ha desarrollado en mayor amplitud el estudio del comportamiento dinámico de las estructuras considerando un suelo flexible. Se desarrollaron según los modelos dinámicos norma rusa SNIP 2.02.05-87 y A.E. Sargsian, que facilitan la obtención de rigideces en la base, y como consecuencia del análisis generan una modificación en los parámetros considerados en el diseño de viviendas.

Se analizó los resultados de los modelamientos de una edificación de albañilería estructural, una edificación tipo pórtico y un estadio universitario, con la finalidad de determinar qué modelo nos proporciona resultados más conservadores para la aplicación de ISE y mantenerse al margen de la normativa E030 de diseño sismorresistente.

Se demostró que el modelo dinámico ruso, nos da como resultado, valores menores en comparación con el modelo dinámico Sargsian; concluyendo de esta manera que al aplicar el análisis suelo-estructura las secciones en el diseño requerirán menores dimensiones, por tener menores desplazamientos, fuerzas cortantes, periodos y derivas.

Palabras clave: Suelo-Estructura, Periodo, Flexible, Rigidez

Abstract

The objective of this article is to describe the effects caused in a building, applying the dynamic analysis of soil-structure interaction (ISE), taking into account the soil as an influential material in the stiffness of the base in the foundation, displacements and periods of design that will give us more real results to consider the soil-foundation-superstructure analysis.

Russia is the country that has developed in greater breadth the study of the dynamic behavior of structures considering a flexible floor. They were developed according to the dynamic models Russian standard SNIP 2.02.05-87 and A.E. Sargsian, which facilitate the obtaining of rigidities in the base, and as a result of the analysis generate a modification in the parameters considered in the design of housing.

The results of the modeling of a structural masonry building, a portico-type building and a university stadium were analyzed, in order to determine which model provides us with more conservative results for the application of ISE and stay out of the E030 design standard earthquake resistant.

It was shown that the Russian dynamic model, results in lower values compared to the Sargsian dynamic model; concluding in this way that when applying the soil-structure analysis the sections in the design will require smaller dimensions, because they have smaller displacements, shear forces, periods and drifts

Keywords: Ground-Structure, Period, Flexible, Rigidity

INTRODUCCIÓN

Romo (1991) determina que el fenómeno de interacción se da cuando las ondas sísmicas llegan a la superficie del suelo y genera movimiento a la estructura asentada sobre el, si los desplazamientos en el terreno libre son diferentes a los de la cimentación, entonces se dice que la estructura y el terreno están acoplados y hay interacción suelo-estructura. Pero por lo contrario si los desplazamientos en el terreno libre es igual a los de la cimentación, entonces no se desarrolla el fenómeno de interacción.

Sucasaca & Mamani (2017) mencionan que la interacción suelo-estructura se debe de llevar a cabo para comprender el comportamiento de la cimentación-estructura ante cargas dinámicas, principalmente el de sismo, siendo el conjunto de efectos cinemáticos e inerciales generadas en la estructura y el suelo como resultado de su deformidad.

Por tal motivo cuando se realiza un análisis sísmico a una edificación, resulta imposible el aislar completamente al suelo con la estructura, en tal sentido se considera esta interacción con la finalidad de poder obtener un comportamiento y valores más cercanos a la realidad.

DESARROLLO

Antecedentes

En Moscú, la universidad estatal de Kucherenko, leído en Villarreal (2006), menciona que se realizaron ensayos a edificaciones ubicadas en zonas de peligro sísmico, en edificaciones de 5 a 16 pisos; sometidos a impactos de cargas estáticas al suelo de fundación, movimiento de maquinarias pesadas, con la finalidad de poder interpretar el trabajo de la estructura frente a la acción externa.

El modelo convencional para el diseño de edificaciones es el péndulo invertido, que considera una base empotrada, en un tipo de suelo relativamente rígido-granular, por lo que su capacidad de absorber fuerzas es considerable, sin embargo, no toma en consideración los suelos arenosos y arcillosos que tienen diferente módulo de elasticidad, densidad, coeficiente de Poisson y ángulo de fricción.

Se realizaron 15 tesis con la finalidad de obtener un análisis comparativo, una base con empotramiento perfecto y la otra sometida a giro en un suelo flexible. Blasco (1988) calcula por primera vez los desplazamientos obtenidos en una edificación de 7 pisos, considerando el análisis de diseño diferente.

El considerar la acción dinámica de la interacción suelo-estructura, une dos especialidades de la ingeniería civil; que son la ingeniería estructural y la ingeniería geotécnica. La aplicación de ambos para el diseño de viviendas es algo inevitable, pero debido a la complejidad de los cálculos, el diseño se realiza por separado. Sin embargo, los softwares, hoy en día son capaces de poder realizar la interacción suelo-cimentación-

superestructura y de esta manera poder realizar un análisis cercano a la realidad. (Gamarra, 2014).

Interacción Suelo-Estructura

La interacción suelo-estructura consiste en un conjunto de efectos cinemáticos e inerciales que se generan en la estructura y el suelo, generando deformaciones cuando es sometida a excitación sísmica, modificando las propiedades dinámicas relevantes que tendría la estructura con base deformable (Avilés, 2014).

Abanto (2004) aporta que para lograr que el suelo interactúe de manera conjunta con la estructura, nos proporcionan resultados que describen el verdadero comportamiento de la edificación frente a un evento sísmico, considerando parámetros obtenidos del estudio de suelos y que muchas veces no se considera en el modelamiento y diseño.

Sin embargo, el considerar un análisis ISE, generó problemáticas de como considerar el asentamiento de la base y como idealizar el sismo porque de acuerdo a Garay (2017), citado en Bazán E. y Meli R. (2002) menciona que “El análisis de edificios se lleva normalmente a cabo suponiendo que el movimiento, que se aplica en su base afecta en todas las direcciones, y el efecto del movimiento sísmico es diverso en la vivienda.

Por eso Villarreal (2006) describe que dentro de la interacción suelo-estructura, se considera al suelo como un semiespacio elástico y el movimiento sísmico como un proceso ondulatorio para poder resolver problemas de difracción de ondas que se dan en la base.

Dando así el argumento basado en investigaciones realizadas en Rusia para poder facilitar el cálculo e idealización de las ondas sísmicas y la consideración de un semiespacio elástico.

Modelos de Caracterización

Mediante los resultados de las investigaciones, se pudieron obtener modelos dinámicos que relacionen la ISE mediante la rigidez de la cimentación para dos tipos de cimentación, zapata aislada y platea de cimentación. Sin embargo este artículo sólo se centra en cimentación de zapatas aisladas, siendo el tipo de cimentación más usada en nuestro país, por lo que se requiere el poder calcular la rigidez de las zapatas tanto en la dirección de análisis X-X y Y-Y.

Modelo Dinámico A.E. Sargsian.

Como resultado de sus investigaciones, elaboraron un modelo dinámico de interacción suelo-estructura, que consiste en poder obtener las rigideces de la base de fundación $K_z, K_\varphi, K_x; K_{\varphi x}, K_{\varphi y}, K_{\varphi z}$; que se obtendrán de las siguientes formulas:

$$K_x = K_y = \frac{28.8(1-u^2)*\rho*C_2^2*\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}*(7-8u)} \quad (1)$$

$$K_x = \frac{4*\rho*C_1^2*\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}*(1-u^2)} \quad (2)$$

$$K_{\varphi x} = \frac{8.52*\rho*C_2^2*I_{AX}}{\sqrt{\pi}*(1-u)*\sqrt{A}} \quad (3)$$

$$K_{\varphi y} = \frac{8.52*\rho*C_2^2*I_{AY}}{\sqrt{\pi}*(1-u)*\sqrt{A}} \quad (4)$$

$$K_{\varphi z} = \frac{8.52*\rho*C_2^2*I_{AZ}}{\sqrt{\pi}*(1-u)*\sqrt{A}} \quad (5)$$

Donde:

ρ : densidad del suelo de fundación (kg/cm^2)

u : modulo de poisson del suelo de fundacion

C_1 : velocidad de propagacion de las ondas longitudinales en el suelo(m/s)

C_2 : velocidad de propagacion de las ondas transversales en el suelo(m/s)

A : area de la base de fundacion(m^2)

Modelo Dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

Según la norma rusa puso a disposición mediante sus investigadores, los coeficientes de rigidez, K_z (kN/m o T/m), K_x (kN/m o T/m), K_ψ (kN/m o T/m) y K_φ (kN/m o T/m).

$$K_z = C_z * A \quad (6)$$

$$K_x = K_y = C_{x,y} * A \quad (7)$$

$$K_\varphi = C_\varphi * I_\varphi \quad (8)$$

$$K_\psi = C_\psi * I_\psi \quad (9)$$

Donde:

A : area de la base de la cimentacion(m^2)

C_x, C_y = coeficiente de desplazamiento elastico uniforme (m^3)

C_z = coeficiente de compresion elastica uniforme(kg/m^3)

C_φ = coeficiente de compresion elastica no uniforme (kg/m^3)

C_ψ = coeficiente de desplazamiento elastico no uniforme (kg/m^3)

I_φ : momento de inercia(m^4) del area de la base de la cimentacion respecto al eje horizontal que pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibracion

I_ψ : momento de inercia(m^4) del area de la base de la cimentacion respecto al eje vertical, que pasa por el centro de gravedad de la cimentacion(momento polar de inercia).

Parámetros de análisis

Rigideces

Tabla 1. Rigideces obtenidas aplicando el modelo dinámico ruso para un estadio universitario en Puno. Sucasaca & Mamani (2017).

ZAPATA	K_x (tonf/m)	K_y (tonf/m)	K_z (tonf/m)	$K_{\phi x}$ (tonf-m)	$K_{\phi y}$ (tonf-m)	$K_{\phi z}$ (tonf-m)
Z-1	53027.36	53027.36	75753.38	354652.07	303139.77	328898.92
Z-2	41685.36	41685.36	59550.52	381520.32	95380.08	238450.2
Z-6	109645.04	109645.04	156635.77	761249.84	3452513.41	2106881.62
Z-8	67724.33	67724.33	96749.05	1206500.94	264487.71	735494.32
Z-9	124142.99	124142.99	177347.13	1742031.42	2581258.6	2161645.01
Z-10	121873.5	121873.5	174105	203775.39	20377539.4	10290657.4
Z-E	9700.76	9700.76	13858.24	1478.21	24396.27	12937.24

Nota: Recuperado de “Evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura en el estadio universitario UNA-Puno”, de Sucasaca & Mamani, 2019.

Tabla 2. Rigideces obtenidas aplicando el modelo dinámico de ruso, para una edificación de albañilería estructural en Huancayo. Gamarra N. (2014)

DESCRIPCION	K_x (T/m)	K_y (T/m)	K_z (T/m)	$K_{\phi x}$ (T * m)	$K_{\phi y}$ (T * m)	$K_{\phi z}$ (T * m)
1X	24042.597	16829.8179	16829.8179	67.72	67.72	34539.9956
2X	18078.5988	12655.0192	12655.0192	50.9214	50.9214	9821.8014
3X	21372.7887	14960.9521	14960.9521	60.2	60.2	20619.2198
4X	21648.4055	15153.8838	15153.8838	60.9763	60.9763	21814.3237
5X	22359.5839	15651.7087	16551.7087	197.137	197.129	8121.2338
6X	33561.4583	23493.0208	23493.0208	94.5314	94.5314	145032.766
7X	29012.8051	20308.9639	20308.9636	81.7194	81.7194	77905.4865

Nota: Recuperado de “Análisis de la interacción suelo-estructura en edificaciones de Albañilería Estructural”, de Gamarra N., 2014.

Tabla 3. Rigideces obtenidas aplicando el modelo dinámico de ruso, para un edificio de 7 niveles en Cajamarca. Garay R. (2017)

N° ZAPATA	K_x (T/m)	K_y (T/m)	K_z (T/m)	$K_{\phi x}$ (T.m)	$K_{\phi y}$ (T.m)	$K_{\phi z}$ (T.m)
"Z-01"	6063.556	6063.556	8662.222	1443.704	2439.859	1941.782
"Z-03"	6470.444	6470.444	9243.492	2218.438	2218.438	2218.438
"Z-05"	6122.428	6122.428	8746.326	1763.842	2099.118	1931.48
"Z-06-Z-07"	11179.622	11179.622	15970.889	5989.083	12883.184	9436.133
"Z-02"	8260.065	8260.065	11800.092	1966.682	8673.068	5319.875
"Z-08"	8796.107	8796.107	12565.867	2534.117	9235.912	5885.014
"Z-09"	6641.33	6641.33	9487.614	1581.269	3557.855	2569.562

Nota: Recuperado de “Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto multifamiliar Los Balcones del Valle- Barrio Columbo, Cajamarca”, de Garay R., 2017.

Tabla 4. Rigideces obtenidas aplicando el modelo dinámico Sargsian para un estadio universitario en Puno. Sucasaca & Mamani (2017).

ZAPATA	K_x (tonf/m)	K_y (tonf/m)	K_z (tonf/m)	$K_{\phi x}$ (tonf-m)	$K_{\phi y}$ (tonf-m)
Z-1 7B	18670.08	18670.08	23267.93	79367.93	66233.55
Z-1 8B	16939.79	16939.76	21111.53	72012.37	60095.24
Z-1 9B	19066.84	19066.84	23762.41	81054.61	67641.11
Z-2 6B	15116.55	15116.55	18839.28	99921.27	20033.72
Z-2 10B	15428.64	15428.64	19228.23	101984.23	20447.33
Z-6	39976.76	39976.76	49821.79	148335.41	812451.63
Z-8	19042.31	19042.31	23731.83	232693.27	41134.15

Nota: Recuperado de “Evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura en el estadio universitario UNA-Puno”, de Sucasaca & Mamani, 2019.

Tabla 5. Rigideces obtenidas aplicando el modelo dinámico de Sargsian, para una edificación de albañilería estructural en Huancayo. Gamarra N. (2014).

DESCRIPCION	K_x (T/m)	K_y (T/m)	K_z (T/m)	$K_{\phi x}$ (T * m)	$K_{\phi y}$ (T * m)
1X	3647.2828	3647.2828	11289.1169	11.1895	11.1895
2X	2859.0087	2859.0087	8849.2408	8.7712	8.7712
3X	3301.2989	3301.2989	10218.2231	10.1281	10.1281
4X	3337.5117	3337.5117	10330.3094	10.2392	10.2392
5X	3430.4151	3430.4151	10617.8654	32.9425	32.9425
6X	4804.0955	4804.0955	14869.6988	14.7358	14.7385
7X	4265.0912	4265.0912	13201.3655	13.0849	13.0849

Nota: Recuperado de “Análisis de la interacción suelo-estructura en edificaciones de Albañilería Estructural”, de Gamarra N., 2014.

Tabla 6. Rigideces obtenidas aplicando el modelo dinámico de Sargsian, para un edificio de 7 niveles en Cajamarca. Garay R. (2017).

N° ZAPATA	K_x (T/m)	K_y (T/m)	K_z (T/m)	$K_{\phi x}$ (T.m)	$K_{\phi y}$ (T.m)
"Z-01"	1192.932	1192.932	3037.185	376.422	636.153
"Z-03"	1255.525	1255.525	3196.545	570.489	570.489
"Z-05"	1202.074	1202.074	3060.459	458.961	546.201
"Z-06-Z-07"	1900.645	1900.645	4839.01	1349.406	2902.723
"Z-02"	1516.19	1516.19	3860.195	478.424	2109.85
"Z-08"	1590.194	1590.194	4048.606	607.148	2212.829
"Z-09"	1281.415	1281.415	3262.46	404.342	909.77

Nota: Recuperado de “Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto multifamiliar Los Balcones del Valle- Barrio Columbo, Cajamarca”, de Garay R., 2017.

Para la obtención de rigideces en las edificaciones, intervienen datos del estudio de suelos y de estructura. Estas respuestas nos darán muy diferentes una de la otra, debido a que el suelo presenta diferente estratigrafía, módulo de Poisson entre otros. El tipo de estructura de la vivienda influye de acuerdo a la distribución de las columnas y viga, que nos determinan el sistema constructivo.

Periodos de vibración

Ita (2019) menciona que es el tiempo requerido para que el sistema no amortiguado llegue a completar un ciclo de vibración libre, es el periodo natural de vibración del sistema. Se relaciona con la frecuencia circular natural de vibración.

Asimismo, Domínguez M. (2019) menciona que en un evento sísmico se presentan dos periodos, el periodo de la estructura y el periodo del movimiento mismo, si la relación de ambos se acerca a la unidad, entonces se dará el fenómeno de Resonancia.

Tabla 7. Periodos de vibración, obtenidos aplicando el modelo dinámico Sargsian. Gamarra N. (2014)

Caso	Modo	Periodo (seg)
Modal	1	0.893
Modal	2	0.85
Modal	3	0.839
Modal	4	0.597
Modal	5	0.572
Modal	6	0.557
Modal	7	0.376
Modal	8	0.302
Modal	9	0.249
Modal	10	0.219
Modal	11	0.21
Modal	12	0.176

Nota: Recuperado de “Análisis de la interacción suelo-estructura en edificaciones de Albañilería Estructural”, de Gamarra N., 2014.

Tabla 8. Análisis comparativo entre modelos dinámico ruso, para una edificación de sistema dual. Mercedes R. (2017)

Caso	Modo	Periodo sec
Modal	1	0.759
Modal	2	0.74
Modal	3	0.599
Modal	4	0.213
Modal	5	0.206
Modal	6	0.122
Modal	7	0.102
Modal	8	0.1
Modal	9	0.06
Modal	10	0.058
Modal	11	0.049
Modal	12	0.04

Nota: Recuperado de “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua”, de Mercedes R., 2017.

Se asignan las propiedades de resorte tradicional y rotacional, para insertar nuestras rigideces al software, obteniendo sus periodos de vibración, siendo el principal el Modo1.

Se puede comparar entre ambos modelos de diferentes proyectos y se observa que hay una diferencia significativa, que frente a un sismo con el modelo Sargsian tomara más tiempo en absorber toda la carga transmitida por el sismo, lo que genera la afectación de nuestra vivienda a fallas por sismo.

Derivas

Los sismos, en toda edificación han dejado evidencia de que guarda una relación directa entre el daño estructural y los niveles de desplazamientos laterales, las que son generadas por un evento sísmico (Andrade, 2004).

Tabla 9. Desplazamientos obtenidos, aplicando el modelo dinámico ruso, para un estadio universitario en Puno. Sucasaca & Mamani (2017).

Nivel	Altura(m)	Derivas Inelasticas	Control
Nivel 1	7.2	0.004	Cumple
Nivel 2	12.55	0.004495	Cumple
Nivel 3	17.35	0.004121	Cumple

Nota: Recuperado de “Evaluación de los efectos de interacción suelo-estructura en el estadio universitario UNA-Puno”, de Sucasaca & Mamani, 2019.

Tabla 10. Desplazamientos obtenidos, aplicando el modelo dinámico de Sargsian, para una edificación de albañilería estructural en Huancayo. Gamarra N. (2014)

N° Pisos	Derivas Inelasticas	Control
1	0.00624	Cumple
2	0.00691	Cumple
3	0.00682	Cumple

Nota: Recuperado de “Análisis de la interacción suelo-estructura en edificaciones de Albañilería Estructural”, de Gamarra N., 2014.

Como se observa, hay un incremento en los desplazamientos máximos con respecto al nivel de análisis. Se recomienda el uso y aplicación de la norma rusa (sin disipación y con disipación de energía), por no sobrepasar los valores permisibles según la normativa de diseño sismorresistente E030. (Sagastegui & Villarreal, 2013).

Fuerzas Cortantes

Se requerirán la obtención de estos datos con la finalidad de que se aplica directamente en su centroide o eje principal de carga.

Tabla 11. Cortantes obtenidas aplicando el modelo dinámico de Sargsian, para una edificación de albañilería estructural en Huancayo. Gamarra N. (2014).

DESCRIPCION	Ve(Ton)	Me(ton*m)
M1X	4.42	7.646
M2X	3.19	4.135
M3X	3.8	5.696
M4X	4.96	6.731
M5X	4.4	5.601

Nota: Recuperado de “Análisis de la interacción suelo-estructura en edificaciones de Albañilería Estructural”, de Gamarra N., 2014.

Tabla 12. Cortantes obtenidas aplicando el modelo dinámico de ruso, para una edificación de sistema dual. Mercedes R. (2017).

N° Pisos	Ve(Tn)
1er PISO	4.6994
2do PISO	4.2364
3er PISO	3.5773
4to PISO	2.8335
5to PISO	2.0283

Nota: Recuperado de “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua”, de Mercedes R., 2017.

Las fuerzas internas disminuyen de manera considerada debido a la aplicación de modelos dinámicos. Debido a la consideración de la flexibilidad del suelo, la cual absorbe la energía juntamente con la cimentación, de esta manera al momento de la transmisión vertical de cargas va disminuyendo con respecto a los datos obtenidos del diseño con empotramiento perfecto.

Con respecto a las fuerzas internas en la estructura, el modelo de Sargsian te da resultados más abultados en comparación con el modelo ruso que en cuestión de resultados siempre da datos cercanos a nuestra normativa de diseño sismorresistente E-030.

CONCLUSIONES

Los parámetros de la edificación que se ven afectados directamente por el análisis interacción suelo-estructura son: los desplazamientos de entre piso, el periodo fundamental de vibración en la edificación, fuerzas internas axiales, cortantes, por consecuencia variación en la distribución de cargas verticales y la capacidad de absorción de cargas transmitidas por el sismo a la cimentación.

El diseño de las edificaciones debe controlarse de manera vertical, a diferencia del modelo de Sargsian, el modelo ruso SNIP considera un parámetro más dentro de su análisis: la adición de la rotación vertical, proporcionando datos más exactos a la realidad y no muy lejanos a nuestra norma de diseño.

Los resultados recopilados demuestran que, los valores son más conservadores en el modelo dinámico ruso en comparación con el de Sargsian, por eso al tener menores periodos, derivas, fuerzas axiales y momentos; las secciones en el diseño son menores.

El modelo de Sargsian proporciona análisis de rigideces, y el modelo de la norma rusa SNIP, incluye el análisis de rigideces, masas y evalúa parámetros de análisis que brinda el estudio de suelos.

Las propiedades dinámicas del suelo que intervienen en el análisis interacción suelo-estructura son: el módulo de Poisson, módulo de elasticidad, coeficiente de balasto y el módulo de corte del suelo.

Referencias

- Andrade, E. (2004). *Control de la Deriva en las Normas de Diseño Sismoresistente*. Lima, Peru.
- Aviles, J. (2000). Respuesta Sismica de un Sistema Suelo-Estructura. *Revista Internacional de Metodos Numericos para el Calculo y Diseño en Ingenieria*, 18-28 .
- Aviles, J., & Pérez, L. (2004). Bases para las Nuevas Disposiciones Reglamentarias sobre Interaccion Dinamica Suelo-Estructura. *Revista de Ingenieria Antisismica*, 37-45.
- De Fernandez, L. (2013). Influencia de la Interaccion Dinamica Suelo-Estructura en la Respuesta Dinamica de las Estructuras. *Construccion y Tecnologia en Concreto*, 4. Recuperado de <http://www.imcyc.com/revistacyt/mayo2013/pdfs/ingenieria.pdf>
- De Gamarra, N. (2014). *Analisis de la Interaccion Sismica Suelo-Estructura en Edificaciones de Albañileria Estructural* (Vol. 2). Huancayo: Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Peru. Recuperado de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/410/TCIV_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Escobar, P. (1988). *Analisis y Diseño Estructural con Interaccion Suelo-Estructura de una vivienda multifamiliar de 7 pisos*. Lima: PUCP. Recuperado de http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/4334/253T20190404_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Garay, R. (2017). Influencia de la Interaccion Suelo-Estructura en el Comportamiento Sismico de un Edificio de 7 Niveles del Proyecto "Multifamiliar los Balcones del Valle" Barrio Columbo-Cajamarca. *Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca*, 176-201.
- Ita, P. (2019). *Respuesta Elastica de Estructuras de 1GDL*. Lima: Facultad de Ingenieria y Arquitectura, 12-15.
- Mercedes, R. (2017). *Interaccion Sismica Suelo-Estructura en Edificaciones de Sistema Dual en la Ciudad de Moquegua*. Tacna: UPT, 78-105.
- DeRado, A. (2015). *Simulacion Numerica de Problemas con No Linealidad Fisica y Geometrica*. Lima. Recuperado de <http://ing.unne.edu.ar/mecap/Investigacion/Tesis/DrDiRado-Cap3.pdf>
- Romo, M. (16 de Mayo de 1991). Interaccion Dinamica Suelo-Estructura en la Ciudad de Mexico. *Academia Mexicana de Ingenieria*, 33-40.
- Sagastegui, F., & Villarreal, G. (2013). Interaccion Sismica Suelo-Estructura y su Impacto Ambiental en Edificaciones con Zapatas Aisladas. *Pueblo Contenido*, 1-8.
- De Sucasaca, H., & Mamani, J. (2017). *Evaluacion de los Efectos de Interaccion Suelo-Estructura en el Estadio Universitario UNA-Puno*. Puno. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4975/Sucasaca_Collanqui_Hermenegildo_Mamani_Vargas_John_Henry.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- DeVillareal, G. (2006). *Interaccion Sismica Suelo-Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas*. Lima, Peru: Asamblea Nacional de Rectores. Recuperado de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2009/07/Interaccion-suelo-zapata.pdf>