

## **CLASIFICACION TIPOLOGICA DE LAS EDIFICACIONES EN EL CENTRO HISTORICO DE QUITO**

### **CLASSIFICATION OF BUILDINGS TYPOLOGICAL IN THE HISTORICAL CENTER OF QUITO**

**Alicia Rivas**

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción  
Universidad de Fuerzas Armadas ESPE  
Av. Gral. Rumiñahui s/n, Valle de los Chillos.  
Correo Electrónico: [aarivas@espe.edu.ec](mailto:aarivas@espe.edu.ec)

**Blanca Chávez O.**

Maestría en Estructuras  
Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador  
Correo Electrónico: [bachavez@espe.edu.ec](mailto:bachavez@espe.edu.ec)

### **RESUMEN**

El centro histórico de la ciudad de Quito es emblemático por su patrimonio histórico y cultural. Desde el punto de vista urbanístico, arquitectónico y estructural resulta muy heterogéneo, no solo por la clasificación de las edificaciones, sino también por su uso y distribución espacial.

Para tener un enfoque actual de las condiciones y características estructurales de este núcleo urbano, se requiere una clasificación tipológica que además de la forma arquitectónica, características constructivas, edad y estilo, promueva el conocimiento de la respuesta estructural de las mismas ante eventos sísmicos, con la referencia histórica de que estos eventos, ya ocurrieron en este ámbito.

En este contexto, el presente artículo científico aborda la clasificación tipológica de las edificaciones del Centro Histórico de Quito, con la premisa de que acciones preventivas y de recuperación estructural de las edificaciones pueden contribuir al uso correcto y la conservación de este patrimonio cultural de la Humanidad.

Se reconoce internacionalmente que la Metodología de HAZUS utiliza una clasificación estructural, ante las eventuales solicitaciones sísmicas. Se conoce además las curvas de capacidad en diferentes ámbitos Físico - Geográfico ante un mismo evento, por lo que resulta necesario aplicar esta metodología en el Centro Histórico de Quito, para valorar los posibles escenarios desde el punto de vista de vulnerabilidad sísmica, de prevención, y de estimación de riesgos.

**Palabras Claves:** Metodología HAZUS; Curvas de Capacidad; Vulnerabilidad Sísmica; Riesgo.

## ABSTRACT

Quito's downtown is emblematic due to its historic and cultural patrimony. From the urban, architectonic and structural points of view, however it is very heterogenic, not only by building types, but also by their use and spatial distribution.

In order to update conditions and structural characteristics of this urban core, it is required a new classification that not only promote the architectonic form, constructive characteristics, age and style but the knowledge of the structural answers under historic seismic events.

In this context, this paper study possible structural classifications of the buildings in the center of Quito. With the premise preventives actions and structural recuperation of the buildings may contribute to the right use and the conservation of this humanity patrimony.

It is recognized in a worldwide specter that the HAZUS's methodology uses the structural classifications to measure response under eventual seismic activities. Also, capacity curves are known for different geographic environments. For these reasons, this methodology would be applied to the center of Quito in order to evaluate the possible scenarios from the point of view of structural vulnerability, seismic prevention and risk estimations.

**Keyword:** HAZUS Methodology; Capacity curves, Seismic vulnerability, Risk.

## 1 INTRODUCCIÓN

El centro histórico de Quito tiene gran relevancia histórica y cultural, reconocido por la UNESCO como Primer Patrimonio Cultural de la Humanidad en 1978. Representó en su momento el poder colonial, y actualmente es el símbolo del poder republicano. En él se encuentra un conjunto arquitectónico de diferentes estilos y épocas, alrededor del cual se desarrolló el embrión urbanístico de la Ciudad de Quito. Godar (2001).

Hasta la década de los años cincuenta, este núcleo urbano permaneció literalmente invariante en el espacio y el tiempo y no fue sino hasta la década de los años setenta, en que el Ecuador se convierte en país petrolero, cuyos efectos económicos incidieron en el cambio urbanístico de las principales ciudades, y que en el caso de Quito, se evidenció en su expansión y desarrollo constructivo en la zona Norte de la ciudad.

Paradójicamente, lo que fue un núcleo urbano aristocrático de la ciudad, se transformó en una zona desvalorizada, con el advenimiento entre otras cosas, de mercados, sitios de tolerancia, mercado informal y desorden urbanístico, lo que generó adicionalmente una emigración interna de los tradicionales habitantes de este sector, hacia el Norte de la ciudad en busca de una mejor calidad de vida.

En la década de los años noventa y acorde a las Políticas de Ordenamiento Territorial, surgen los primeros pasos dentro de los gobiernos seccionales, en este caso el Municipio de Quito, sobre la necesidad de recuperar y preservar el Patrimonio urbano, con este antecedente, crea áreas de regeneración urbana y recuperación de inmuebles inventariados como patrimonio cultural. Los pasos iniciales fueron intentos aislados y no fue sino hasta la década de los años 2000, en que esto se convierte en política de estado y se emiten las respectivas ordenanzas para regular este proceso.

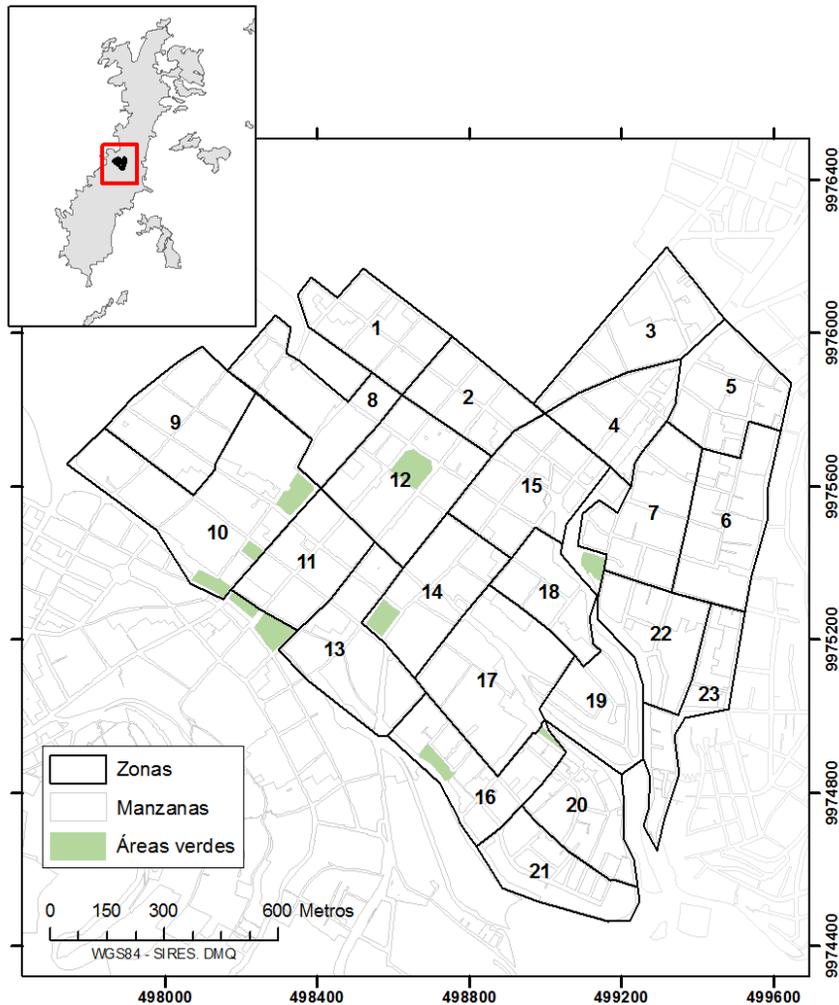
## 2 OBJETIVO

Promueve clasificar tipológicamente las edificaciones del Centro histórico de Quito, mediante el empleo del Método HAZUS 99, (Aguiar 2002, 2003) considerando que la heterogeneidad estructural y arquitectónica es un sello de identidad de este sector de la Ciudad, que se evidencia con diferente desarrollo en el ámbito espacio-temporal, respecto al contexto urbanístico del resto de la Ciudad de Quito, ver figura 1.



**Figura 1** Centro Histórico de Quito

La delimitación del área de estudio se configuró de la siguiente manera: Por el Norte: Calle Manabí y Gral. Briceño; por el Sur: por las Calles: Sucre – Vicente Rocafuerte – 24 de Mayo – Piedra; por el Este: por las calles: Valparaíso – Los Ríos – Sucre; y por el oeste por la calles: Mires – Chimborazo –Manuel Quiroga; delimitación que se presenta en la figura 2.



**Figura 2** Delimitación de las zonas de estudio.

La ciudad de Quito se halla ubicada sobre 4 fallas ciegas inversas que de sur a norte se las ha identificado como: Puengasi; Ilumbisí-La Bota; Carcelén el Inca y Bellavista-Catequilla. (Aguiar 2015) de tal manera que es fundamental evaluar la vulnerabilidad sísmica de sus construcciones y para ello se tiene el Método del Espectro de Capacidad (Freeman, 1978; Chopra y Goel 1999, 2000), que es un método intermedio entre la sencillez del Método Espectral y la complejidad de realizar un análisis no lineal.

Para aplicar el Método del Espectro de Capacidad, se necesita determinar en primer lugar la curva de capacidad sísmica resistente, mediante análisis no lineal estático, aplicando la técnica del pushover pero para ello se requiere encontrar las curvas constitutivas de sus elementos, expresadas mediante las relaciones momento curvatura o momento rotación. (Aguiar *et al.*, 2015, 2016; ASCE/SEI 41, 2011).

Una vez que se tiene la curva de capacidad sísmica resistente que relaciona el cortante basal con el desplazamiento lateral máximo de la estructura, se pasa a determinar el espectro de capacidad de la estructura que relaciona el desplazamiento con la aceleración espectral (un grado de libertad) para en base a la demanda expresada por el espectro en el mismo formato se determina el punto de desempeño aplicando el Método del Espectro de Capacidad.

Hazus 99, presenta tablas que hacen muy sencillo encontrar el espectro de capacidad de la estructura, pero estas curvas tienen que ser calibradas con las que se obtienen en la ciudad de Quito, en función del sistema constructivo y calidad de materiales, para ello la primera fase de la investigación fue clasificar las estructuras del Centro de la ciudad de acuerdo a la nomenclatura de HAZUS 99, que se presenta en este artículo.

### 3 METODOLOGIA

La clasificación tipológica de las estructuras se fundamenta en el Método de HAZUS, para lo cual y como paso previo fue necesario establecer el siguiente procedimiento:

1. Inspección in situ
2. Encuestas
3. Muestreo preestablecido
4. Tabulación de datos
5. Desagregación de la muestra

Según los datos procesados, ver tabla 2, la desagregación de la muestra inicial permite jerarquizar tipológicamente las estructuras atendiendo a su sistema constructivo. En este contexto, el porcentaje mayor lo ocupa el tipo URML que corresponde a las edificaciones de mampostería portante, construcciones características de finales del siglo XV.

El desarrollo ulterior se produce a inicios del siglo XX, cuya característica esencial fue la aparición del tipo C1L, correspondiente a las estructuras de hormigón armado sin arrostamientos que ocupan jerárquicamente el segundo lugar, evidenciando una migración interna dentro del Centro Histórico, con la aparición de nuevos barrios que se asentaron hacia el sector Nor-Oriental de Valle de Quito.

La desagregación de la muestra permitió además, identificar aquellos sitios que por diferentes motivos no fueron clasificados y cuyo porcentual de apenas 4.37 %, refleja que el nivel de confianza de la muestra es alto, lo cual permite inferir que el procedimiento utilizado se corresponde plenamente con el objetivo del trabajo.

De otra parte, el trabajo de campo se desarrolla en 23 zonas, cada una de aproximadamente 6 manzanas; con la respectiva clave catastral por lote, (Ver figuras 1 y 2) tuvo relevancia, por la participación de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Civil, quienes además de las encuestas realizaron el respectivo levantamiento de evidencias, mediante registro fotográfico.

De forma complementaria y como paso esencial, se aborda el Método de HAZUS al utilizar los códigos referenciados, que involucran 36 tipos estructurales validados mediante ensayos de laboratorio y comprobados en diferentes ámbitos geográficos.

HAZUS 99 clasificó llegó a la tipología estructural indicada en la tabla 1, en base al material de construcción, tipología estructural, altura de las edificaciones, ductilidad de las mismas; en fin en base a un estudio estadístico y estructural en que se definieron ciertos parámetros del espectro de capacidad, se llegó a los 36 tipos pero como se dijo anteriormente, es necesario calibrar las curvas de HAZUS a las construcciones que se desean evaluar.

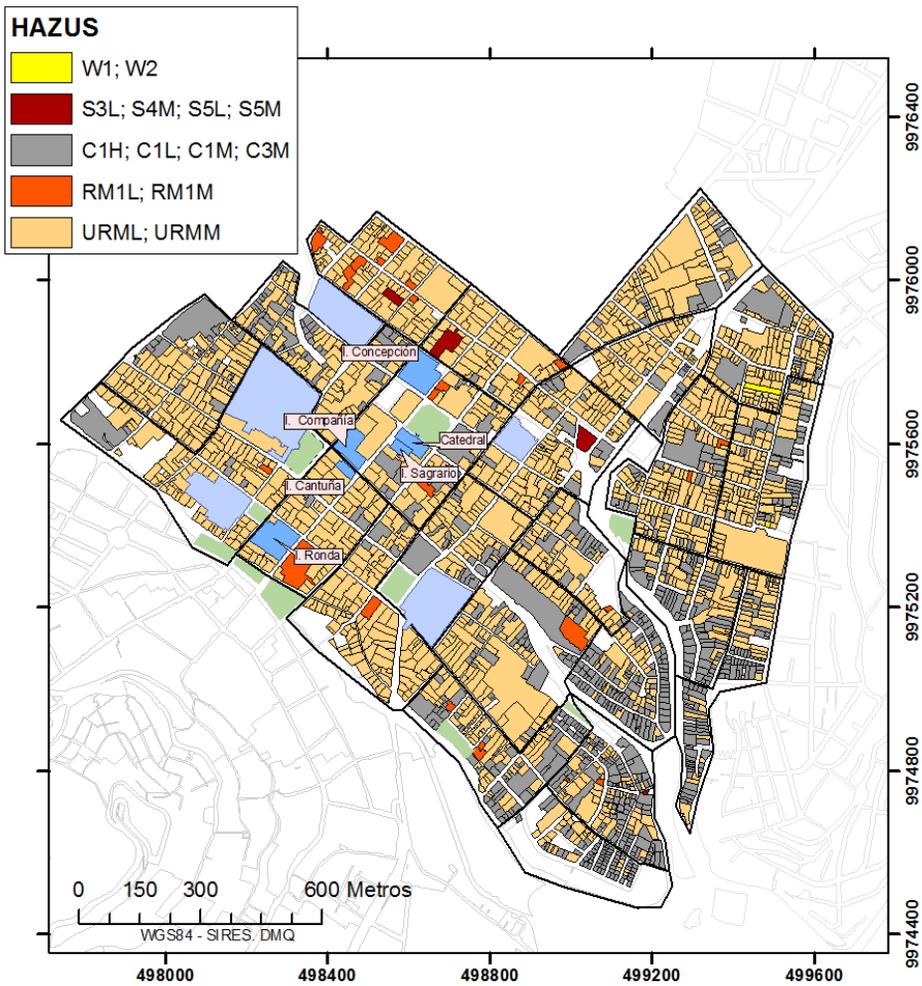
Es muy sencillo programar el Método del Espectro de Capacidad utilizando los espectros de capacidad que da HAZUS para las 36 tipologías estructurales y determinar el punto de desempeño y con las curvas de fragilidad encontrar daño estructural, no estructural y pérdida de componentes. Pero antes se debe calibrar estas curvas en base a investigación local y lo primero que se realiza en la clasificación de las estructuras del Centro de Quito de acuerdo a la nomenclatura de HAZUS.

En la Figura 3 se aprecia la distribución parcial de las claves catastrales por manzana en un sector de Zona 15, y en cada una de ellas se involucra un Código de la tabla 1, que se respalda por la respectiva evidencia fotográfica. A partir de esta clasificación, se elaboraron mapas con códigos de colores que permiten observar las diferentes tipologías existentes en el centro histórico de Quito, agrupadas por categorías, como se ve en la figura 4.

Tabla 1 Nomenclatura de los Sistemas Estructurales que considera HAZUS 99

No.	CODIGO	DESCRIPCION	RANGO		VALOR TÍPICO	
			NOMBRE	PISOS	PISO	PIES
1	W1	Estructuras de Madera Liviana		1-2	1	14
2	W2	Estructuras de Madera para Industria		Todos	2	24
3	S1L	Pórticos de acero compuesto por vigas y columnas. Se usan diafragmas horizontales para transmitir cargas.	Bajo	1-3	2	24
4	S1M		Medio	4-7	5	60
5	S1H		Alto	8+	13	156
6	S2L	Pórticos arriostrados de acero con diagonales. Además tienen columnas y vigas	Bajo	1-3	2	24
7	S2M		Medio	4-7	5	60
8	S2H		Alto	8+	13	156
9	S3L	Pórticos de acero liviano		Todos	1	15
10	S4L	Pórticos de acero con muros de corte. El pórtico resiste la carga vertical y el muro el sismo. También incluye sistema dual.	Bajo	1-3	2	24
11	S4M		Medio	4-7	5	60
12	S4H		Alto	8+	13	156
13	S5L	Pórticos de acero con paredes de bloque sin reforzar para resistir el sismo. Es un edificio antiguo.	Bajo	1-3	2	24
14	S5M		Medio	4-7	5	60
15	S5H		Alto	8+	13	156
16	C1L	Pórticos de vigas y columnas de hormigón armado. Se incluye edificios antiguos y modernos	Bajo	1-3	2	20
17	C1M		Medio	4-7	5	50
18	C1H		Alto	8+	12	120
19	C2L	Pórticos con muros de corte para resistir acción sísmica.	Bajo	1-3	2	20
20	C2M		Medio	4-7	5	50
21	C2H		Alto	8+	12	120
22	C3L	Pórticos de hormigón armado con paredes sin reforzar. Edificios antiguos que pueden tener problemas con sismos.	Bajo	1-3	2	20
23	C3M		Medio	4-7	5	50
24	C3H		Alto	8+	12	120
25	PC1	Casa prefabricada de hormigón.		Todos	1	15
26	PC2L	Pórticos de Concreto Prefabricado con muros de corte de hormigón.	Bajo	1-3	2	20
27	PC2M		Medio	4-7	5	50
28	PC2H		Alto	8+	12	120
29	RM1L	Mampostería Reforzada confinada con elementos de madera o metal	Bajo	1-3	2	20
30	RM1M		Medio	4+	5	50
31	RM2L	Pórticos de Concreto Prefabricado con muros de corte de hormigón.	Bajo	1-3	2	20
32	RM2M		Medio	4-7	5	50
33	RM2H		Alto	8+	12	120
34	URML	Estructuras con mampostería no reforzada	Bajo	1-3	1	15
35	URMM		Medio	3+	3	35
36	MH	Casas Móviles		Todos	1	10





**Figura 4** Asignación de colores por tipología

En añadidura, para poder distinguir el empleo de los diferentes colores, se presenta una ampliación de la zona 12, la cual involucra la calle García Moreno conocida también como la calle de las siete cruces. Se tomó esta calle por el significado histórico y cultural, pues en ella se emplazan un conjunto de iglesias, edificaciones que serán tomadas en cuenta cuando se aborde el aspecto de la Vulnerabilidad de las Edificaciones del CHQ, ver figura 5.

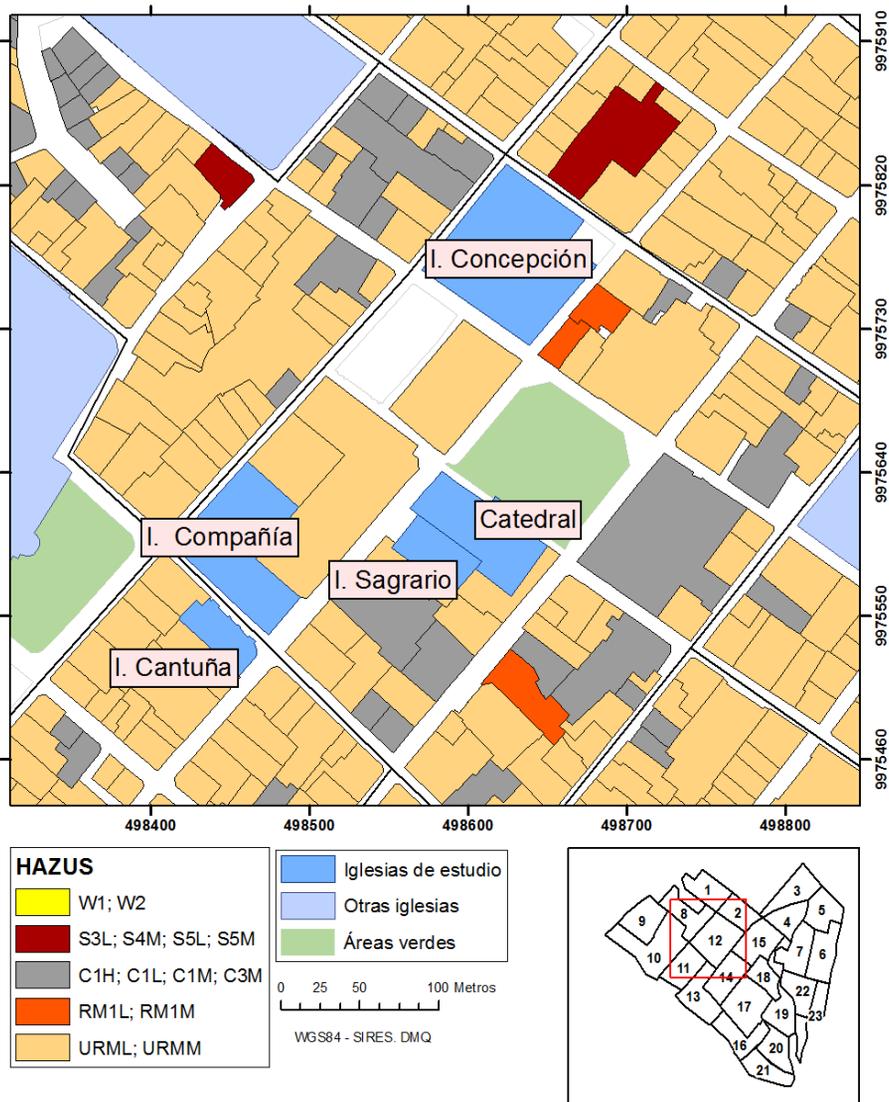


Figura 5 Ampliación de la zona 12

## 4 RESULTADOS

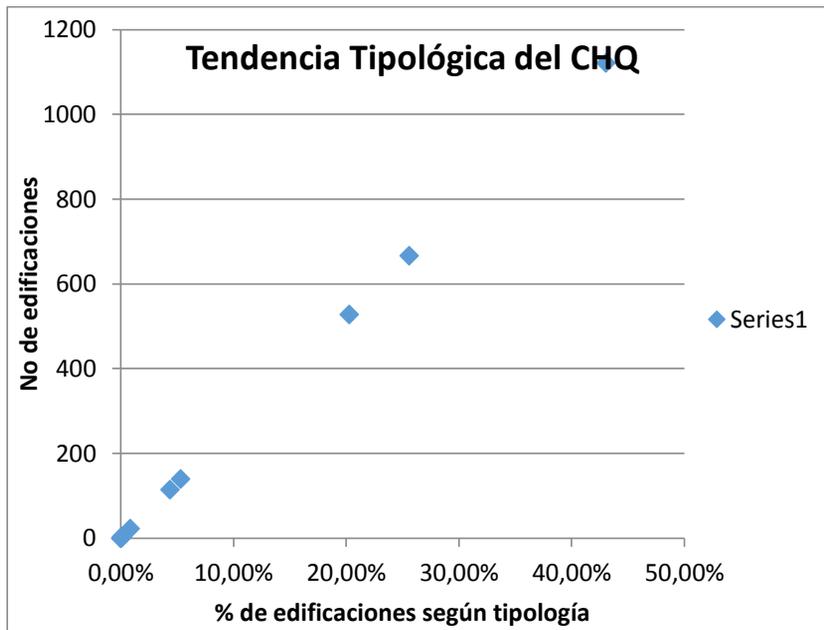
El levantamiento de la información en la zona en referencia, indicada en figura 2, involucra en términos generales 2606 viviendas de diferente tipología, clasificadas según la nomenclatura de HAZUS, ver tabla 2.

**Tabla 2** Cuadro Resumen de las Tipologías de las Edificaciones del Centro Histórico de la Ciudad de Quito.

Código secuencial Hazus	Nomenclatura Hazus	Numero de Edificaciones	%
1	W1	2.00	0.08%
2	W2	1.00	0.04%
9	S3L	1.00	0.04%
11	S4M	1.00	0.04%
13	S5L	1.00	0.04%
14	S5M	2.00	0.08%
16	C1L	667.00	25.59%
17	C1M	139.00	5.33%
18	C1H	3.00	0.12%
19	C2L	0.00	0.00%
23	C3M	1.00	0.04%
29	RM1L	22.00	0.84%
30	RM1M	3.00	0.12%
34	URML	1,121.00	43.02%
35	URMM	528.00	20.26%
	Elementos no registrados	114.00	4.37%
<b>TOTAL:</b>		<b>2,606.00</b>	<b>100.00%</b>

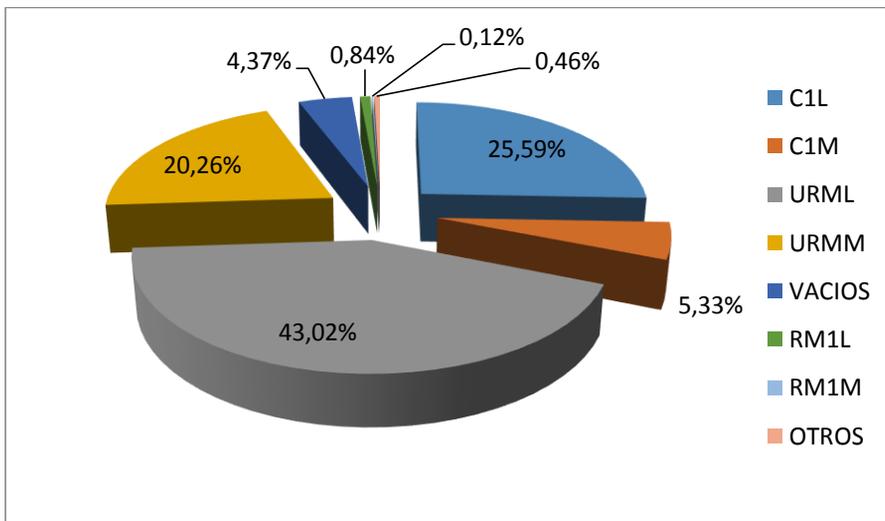
Se especifica que el valor de 4.37% corresponde a las áreas verdes, los solares yermos, las viviendas inaccesibles de las que no se pudo obtener ninguna información y las iglesias que se evaluarán por separado.

De forma complementaria; se grafica la tendencia constructiva en la figura 6 en la que se aprecia que el máximo valor porcentual equivalente a 43.02%, corresponde a la tipología URML.



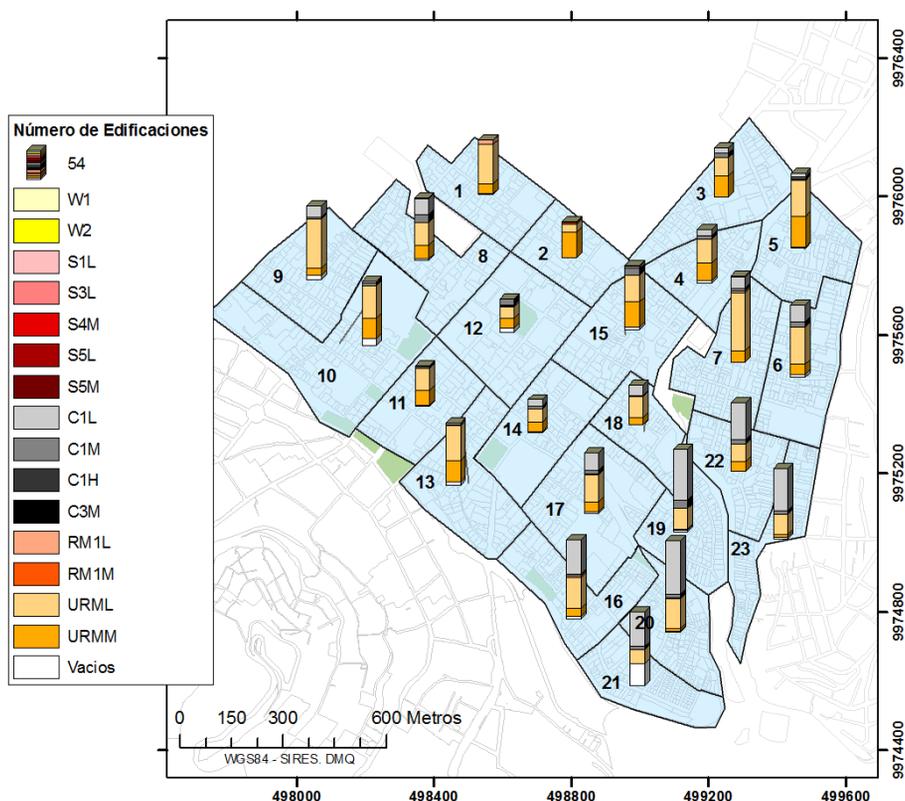
**Figura 6** Tendencia Tipológica de las edificaciones del CHQ

Además, y con carácter de información global, se presentan en las figuras 7 y 8 respectivamente.



**Figura 7** Tipologías resumidas de las 2606 viviendas del CHQ estudiadas

En la figura 8 se muestran los resultados de la clasificación para cada zona con un código de colores.



**Figura 8** Tipos de viviendas según tipología HAZUS en las 23 zonas de estudio.

## 5 CONCLUSIONES

Se realizó un censo de 2606 viviendas del Centro de Quito, en base al cual se clasificaron las estructuras de acuerdo a las 36 tipologías de HAZUS, para en un futuro cercano realizar estudios de vulnerabilidad sísmica; del estudio realizado se desprenden las siguientes conclusiones.

1. En función de la heterogeneidad estructural y arquitectónica del CHQ fue posible clasificar tipológicamente este sector de la ciudad, con la aplicación de los códigos del Método de HAZUS.
2. EL Método de HAZUS; permitiría eventualmente ampliar el rango de la investigación hacia otros sectores de la Ciudad de Quito, privilegiando sectores específicos. La metodología ha sido Presentada.

## REFERENCIAS

1. Aguiar Roberto, Mora David, Rodríguez Michael, (2016), "CEINCI-LAB un software libre para hallar la curva de capacidad sísmica de pórticos con disipadores ADAS o TADAS", *Revista Ingeniería de Construcción*, **31 (1)**, Chile.
2. Aguiar Roberto, Mora David, Rodríguez Michael, (2015), "Diagrama momento curvatura y momento rotación para elementos de hormigón armado y acero con ASCE/SEI 41 y sistema de computación CEINCI-LAB", *Revista Ciencia*, **17 (2)**, 191-228.
3. Aguiar Roberto., (2015), *Espectros de Control para la ciudad de Quito*, Centro Internacional de Métodos Numéricos. Universidad Politécnica de Cataluña, 125 p., Barcelona, España.
4. Aguiar Roberto, (2003), *Análisis sísmico por desempeño*, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, ESPE, 329 p., Quito, Ecuador.
5. Aguiar Roberto, (2002), *Sistema de computación CEINCI3 para evaluar daño sísmico en Países Bolivarianos*, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, 302 p., Quito, Ecuador.
6. ASCE 41 (2011) *Seismic rehabilitation of existing buildings*, American Society of Civil Engineers ASCE/SEI 41-11.
7. Chopra A., and Goel R., (1999) "Capacity-demand-diagram methods for estimating deformation of inelastic structures: SDF systems", **PEER-1999/02**, University of California Berkeley.
8. Chopra A., and Goel R., (2000) "Evaluation of NSP to estimate seismic deformation SDF systems", *Journal of Structural Engineering ASCE*, **126 (4)**, 482-490.
9. Freeman J. R., (1978), "Prediction of response of concrete buildings to severe earthquake motion", *American Concrete Institute ACI*, **SP-55**, 585-605, Detroit.
10. Godar H., (2001), *Análisis comparado de los centros y de los lugares de centralidad de Quito y Guayaquil*, 890 p.
11. Hazus 99, (1999), "Earthquake loss estimation methodology", *Federal Emergency Management Agency FEMA and National Institute of Building Sciences NIBS Vol 5, Chapter 5*, Washington DC.