

los parámetros de la norma NTC 3692. Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido. Los resultados del ensayo de esclerometría se realizaron en elementos verticales y horizontales en nivel de sótano, con resultados satisfactorios, obteniendo resistencias superiores a la resistencia nominal del concreto.

**Ilustración 11.** *Esclerómetro.*



- Ensayo de absorción con pipeta de Karsten:

Es uno de los ensayos más comunes para determinar el grado de permeabilidad de una superficie. Consiste en fijar la base de la pipeta en la superficie del estrato a evaluar, por medio de un elastómero impermeable, y verter agua hasta alcanzar una presión de 5 ml, equivalente al nivel cero de la pipeta. Se determina el volumen de agua absorbida según la medida del nivel leído directamente de la pipeta, medido en ml, a intervalos de 5 minutos durante un tiempo de 20 minutos. El ensayo fue realizado sobre la fachada principal, fachada interna y fachada posterior de la edificación, obteniendo un

resultado promedio de 0,76 ml/min, lo que indica una absorción alta respecto a valores de referencia.

**Ilustración 12.** *Ensayo in-situ de absorción con pipeta de Karsten.*



- Ensayo de medición de fisuras y grietas:

Las fisuras y grietas pueden aparecer por diversas causas, desde la calidad del material, hasta el desempeño estructural de la edificación. Este tipo de lesiones pueden afectar de manera relevante la durabilidad de la estructura y aumentar su exposición a ambientes agresivos que la puedan deteriorar. De acuerdo con la medición, se encuentran fisuras con un abertura promedio de 1,0 mm y longitud promedio de 17 cm. Estas fisuras no presentaron alargamiento durante un periodo de seguimiento de 1 mes.

**Ilustración 13.** *Medición de fisuras y grietas.*



- Ensayo de resistencia a compresión de elementos de mampostería:

Este ensayo de laboratorio se realiza sobre elementos de mampostería, siguiendo los parámetros que establece la norma NTC 4017. El resultado promedio del ensayo es de  $338,35 \text{ kg/cm}^2$ , lo que indica que se supera ampliamente la resistencia de diseño de estos elementos, de  $140 \text{ kg/cm}^2$ .

- Ensayo de eflorescibilidad:

Determina el contenido de sales solubles mediante el paso de agua a través de las muestras, en un tiempo establecido. Los elementos de fachada ensayados están dentro de la clasificación no eflorescibles.

## 9. Estudio de Vulnerabilidad Sísmica.

La vulnerabilidad sísmica identifica el nivel de exposición a daños de una estructura ante la amenaza de eventos sísmicos, dependiendo de las condiciones de sitio, tipología estructural, calidad de los diseños y construcción, entre otro. La vulnerabilidad no estructural busca determinar la sensibilidad que tienen los elementos no estructurales a sufrir daño ante sismos o el riesgo de que sufran dicho daño. (Lecturas complementarias, Vulnerabilidad Sísmica, Capítulo 5). La vulnerabilidad no estructural está directamente relacionada con la funcionalidad y habitabilidad de una estructura, con respecto a los elementos no estructurales y su desempeño ante un sismo, ya que de esto depende la operatividad de la estructura (Cadena M, Fernández Luis, 2021).

En el proyecto en análisis se tiene como enfoque principal la revisión de la vulnerabilidad sísmica del sistema de fachada conformada por elementos no estructurales, configurados por muros de mampostería revestidos con frisos enchapados con fachaleta de arcilla como muros de fachada y carpintería metálica para marcos de ventanas y barandas de balcones.

### **9.1. Ubicación del paciente en la microzonificación sísmica Bucaramanga.**

Regionalmente la zona de estudio se encuentra muy cercana al sistema de fallas de Bucaramanga; en esta zona las rocas más antiguas son de origen ígneo – metamórfico, agrupadas dentro del Neis de Bucaramanga (Peb) de edad Precámbrico. La unidad antes mencionada junto con rocas ígneas intrusivas principalmente de composición ácida que afloran principalmente al Este del sistema de fallas de Bucaramanga – Santa Marta, de edad Jurásica y Triásica (JRcg) conforman la región geológica conocida como Macizo de Santander. Asociadas al sistema de fallas de Bucaramanga – Santa Marta se presentan afloramientos de rocas sedimentarias Triásicas del sistema Carbonífero y Pérmico, principalmente al norte de la zona de estudio y abarca las formaciones Diamante (Pcd), Tiburón (TRPt) y Bocas (TRb), mientras que el sistema Jurásico se encuentra representado regionalmente por las formaciones Jordán (Jj) y Girón (Jg), las cuales se presentan principalmente al oeste del Área Metropolitana de Bucaramanga y al sur en el municipio de Floridablanca. (Suarez, 2013, p.14).

La geología estructural de la zona logra identificar entre las principales estructuras que se han podido observar, determinar y cartografiar se pueden mencionar: La Falla de Bucaramanga – Santa Marta, Falla de Miramanga y la Falla de Corcovado que inciden notablemente en la geología local.

#### **Falla de Bucaramanga – Santa Marta:**

Se encuentra al Este del lote en estudio, su trazo es ligeramente curvilíneo y su dirección es localmente Noroeste aunque regionalmente se torne Norte – Sur y Noreste.

Según Ward et al (1973) basados en su longitud y trazo es principalmente una falla de rumbo, sin embargo en la zona de estudio se presentan evidencias claras de desplazamiento vertical, que representa un levantamiento del bloque este hacia el oeste, tesis propuesta por Julivert (1958, 1961 y 1970) quien la clasifica como una falla Inversa de alto ángulo.

En la zona de estudio se han cartografiado fallas paralelas a esta, que afectan principalmente rocas Metamórficas e Igneas del Macizo de Santander.

### **Falla de Miramanga:**

Se encuentra en la parte Oriental del área del lote en estudio, presenta un trazo muy rectilíneo con una dirección Noroeste; Es una falla paralela a la Falla de Bucaramanga, denominada así porque su trazo coincide con una charca de falla conocida como Lago de Miramanga. La importancia de esta falla radica en la zona localizada al NE del lote en estudio, que separa dos litologías muy diferentes en composición y edad como son el Igneo de Pan de Azúcar y el Neis de Bucaramanga, el cual a partir de ésta hacia el este se presenta más continuo.

Se han inferido algunas fallas satélites al trazado de la falla Bucaramanga – Santa Marta en la zona de Bucaramanga que han podido tener influencia en algunos eventos de inestabilidad en el área por la ocurrencia de deslizamientos que involucran los suelos aluviales de los miembros superiores de la Formación Bucaramanga afectados por las condiciones del basamento rocoso en la zona de transición con el Macizo de Santander y

algunos suelos residuales y rocas altamente fracturadas y meteorizadas. Unos metros al Este del lote en estudio se localiza el alineamiento de una de estas fallas con una dirección casi N-S que es trazada desde inmediaciones del Poliderportivo Las Américas hasta el sector del barrio Las Terrazas donde se abren dos brazos adicionales hacia el SE. (Suarez, 2013, pp.17-18).

### **Características de las unidades geológicas en el lote estudiado:**

Formación Bucaramanga-Miembro Limos Rojos (Qblr): Los materiales que componen este depósito corresponden a arenas arcillosas y limosas y limos arcillosos en colores marrón, naranja, amarillo y negro; con presencia de algunas gravas y grandes bloques muy resistentes a diferente profundidad.

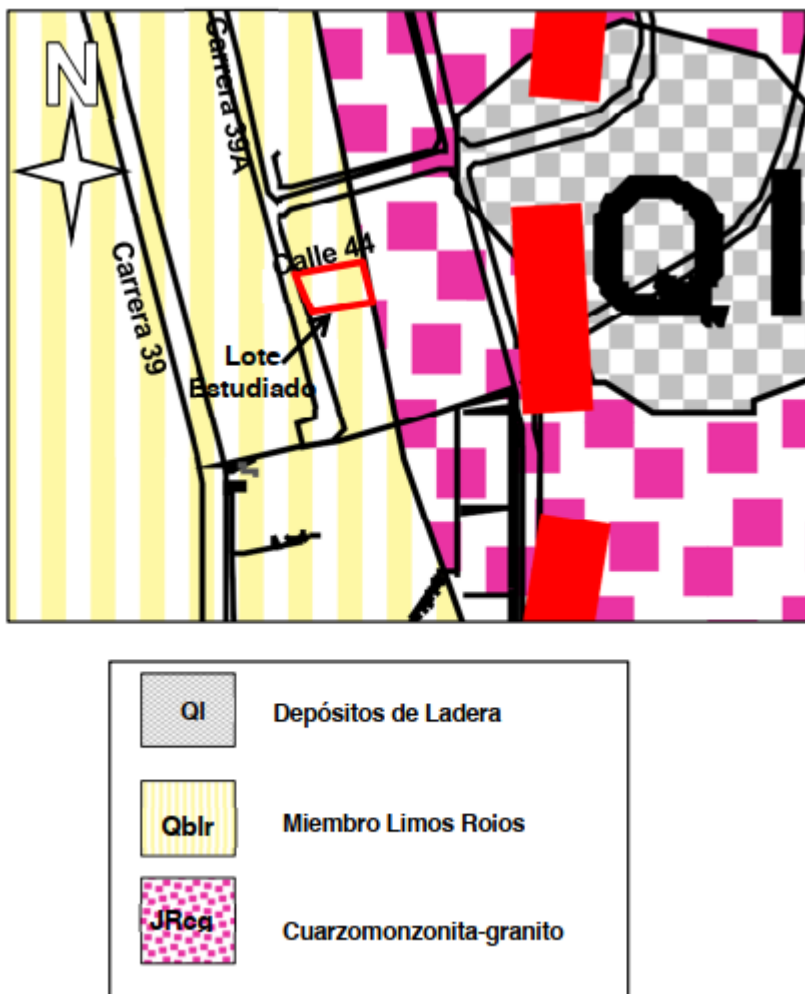
### **Espesor:**

El Miembro Limos Rojos en el lote estudiado presenta un espesor superior a 22.5 metros.

### **Distribución en el lote:**

La totalidad del área del lote se encuentra sobre suelos que corresponden al Miembro Limos Rojos. (Suarez, 2013, p.18)

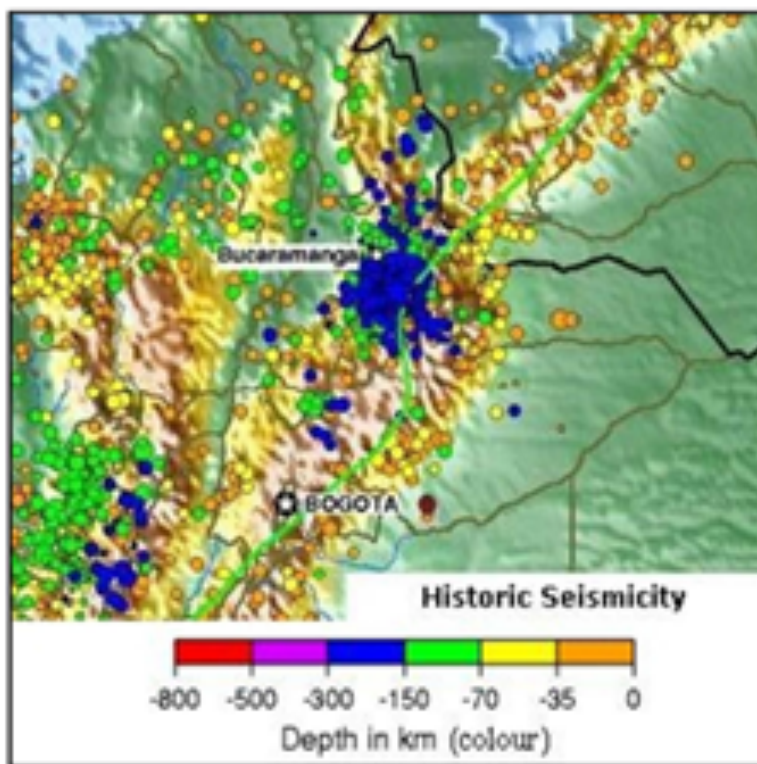
Ilustración 14. Mapa Geológico (Suarez Jaime, 2013)



La ciudad de Bucaramanga no cuenta con un estudio de microzonificación sísmica, pero Suarez (2013) concluye que “la Fase I y II de la Microzonificación Sísmica del Área Metropolitana de Bucaramanga, la sismicidad y el marco lito estructural del bloque Andino, en la región nororiental de Colombia, se atribuye a una tectónica compresiva activa a partir del Mioceno Superior, generada por la convergencia Este-

Oeste de las placas Litosféricas Suramericana y de Nazca, además del choque en dirección Noreste-Sureste del bloque Panamá y la influencia de la Placa Caribe” (p.21).

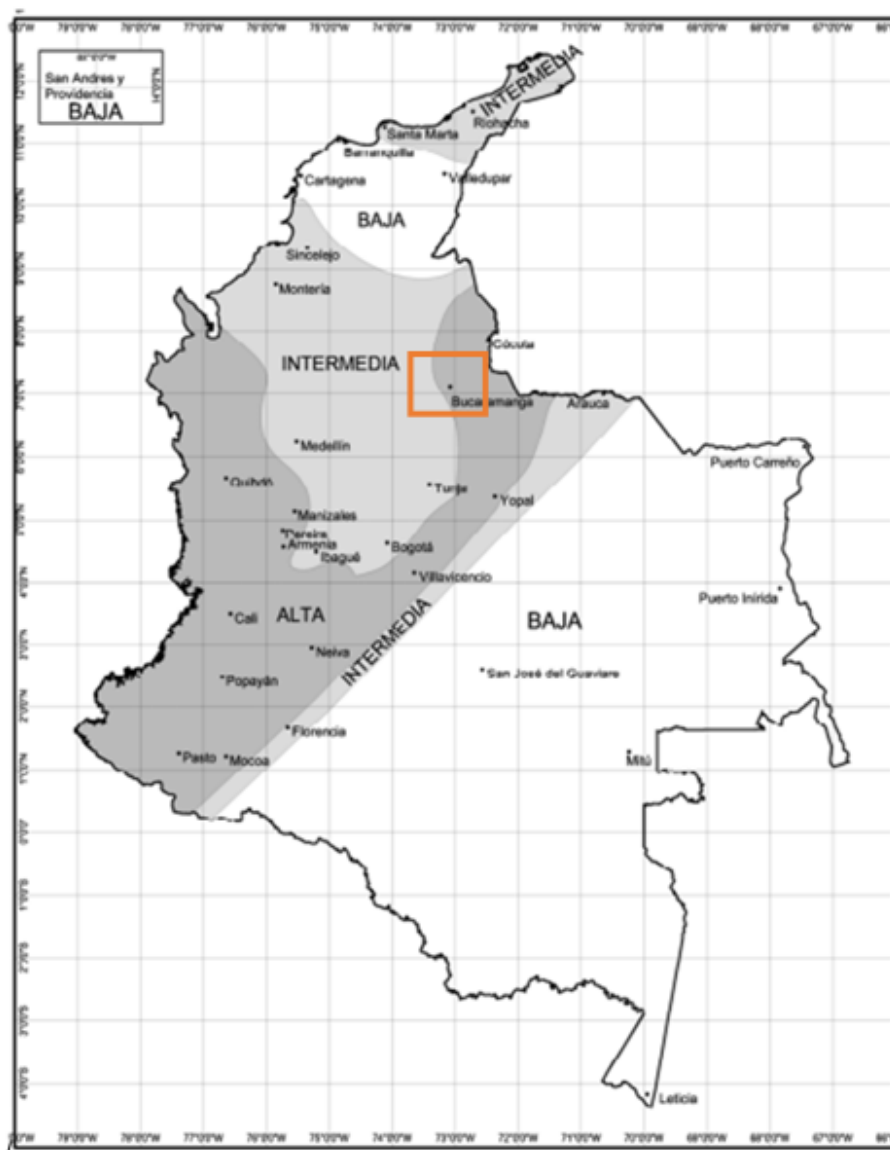
**Ilustración 15.** *Sismicidad Histórica en la zona de Bucaramanga (Suarez Jaime, 2013)*



## 9.2. Determinación de la zona sísmica, el valor de Aa y Av o Ad.

De acuerdo con el mapa de amenaza sísmica del Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10, Bucaramanga está ubicada en zona de amenaza sísmica alta.

**Ilustración 16.** Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de  $A_a$  y  $A_v$  (NSR-10, 2010).



De igual forma las tablas de apéndice el apéndice A-4 del título A del Reglamento de Construcciones Sismorresistente se pueden obtener los valores de coeficientes de aceleraciones y velocidades pico efectivas, y aceleraciones pico efectiva para el umbral de daño.