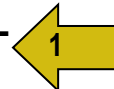


# ALTERNATIVAS PARA VERIFICACIÓN DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL O DISEÑO NUEVO



## 1. DUCTILIDAD REQUERIDA PARA ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

De acuerdo a la NSR-10 Titulo II – Definiciones, nos indica que la Capacidad de Disipación de Energía es: " La capacidad que tiene un sistema estructural, un elemento estructural o una sección de un elemento estructural, de trabajar dentro del rango inelástico de respuesta sin perder su resistencia."

Para el Análisis y diseño sísmico de edificios se determina que "Dependiendo del tipo de material estructural y de la característica del sistema de resistencia sísmica se establecen los grados de capacidad de disipación de energía mínimos (DES, DMO y DMI) que debe cumplir el material en las diferentes zonas de amenaza sísmica."

Para el Departamento de Risaralda, en el Municipio de Pueblo Rico, se presenta en una **ZONA DE AMENAZA SÍSMICA ALTA**, con valores de  $A_a$  y  $A_v$  de 0.30.

### Paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado

| CAPACIDAD DE DISIPACIÓN ENERGÍA | ZONA DE AMENAZA SÍSMICA |            |      |
|---------------------------------|-------------------------|------------|------|
|                                 | BAJA                    | INTERMEDIA | ALTA |
| MÍNIMA DMI                      | ✓                       | no         | no   |
| MODERADA DMO                    | ✓                       | ✓          | no   |
| ESPECIAL DES                    | ✓                       | ✓          | ✓    |

Fuente: Prefacio – Apéndice I, paso 3 - Definición de las características de la estructuración y del material estructural empleado NSR10.

De acuerdo con lo anterior, se determina que la capacidad de disipación de energía a utilizar en la edificación será especial (DES).

## 2. SISTEMAS ESTRUCTURALES VÁLIDOS PARA ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

2

2.1. De acuerdo con lo anterior expuesto y como sistemas estructurales válidos para incluir como posibles reforzamientos estructurales, en una zona de amenaza sísmica alta la cual es donde se encuentra localizada el Palacio Judicial de Pueblo Rico, nos encontramos los siguientes.

### 2.1.1. Pórticos Resistente a Momento - DES

**Tabla A.3-3**  
**Sistema estructural de pórtico resistente a momentos (Nota 1)**

| C. SISTEMA DE PÓRTICO RESISTENTE A MOMENTOS                                              |                                                        | Valor<br>$R_0$<br>(Nota 2) | Valor<br>$\Omega_0$<br>(Nota 4) | zonas de amenaza sísmica |                |               |                |               |                |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Sistema resistencia sísmica<br>(fuerzas horizontales)                                    | Sistema resistencia para cargas<br>verticales          |                            |                                 | Alta                     |                | Intermedia    |                | baja          |                |
|                                                                                          |                                                        |                            |                                 | uso<br>permit            | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. |
| 1. Pórticos resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES) |                                                        |                            |                                 |                          |                |               |                |               |                |
| a. De concreto (DES)                                                                     | el mismo                                               | 7.0                        | 3.0                             | si                       | sin límite     | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| b. De acero (DES)                                                                        | el mismo                                               | 7.0<br>(Nota-3)            | 3.0                             | si                       | sin límite     | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| c. Mixtos                                                                                | Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos | 7.0                        | 3.0                             | si                       | sin límite     | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| d. De acero con cerchas dúctiles (DES)                                                   | Pórticos de acero resistentes o no a momentos          | 6.0                        | 3.0                             | si                       | 30 m           | si            | 45 m           | si            | sin límite     |
| 2. Pórticos resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) |                                                        |                            |                                 |                          |                |               |                |               |                |
| a. De concreto (DMO)                                                                     | el mismo                                               | 5.0                        | 3.0                             | no se permite            |                | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| b. De acero (DMO)                                                                        | el mismo                                               | 5.0<br>(Nota-3)            | 3.0                             | no se permite            |                | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| c. Mixtos con conexiones rígidas (DMO)                                                   | Pórticos de acero o mixtos resistentes o no a momentos | 5.0                        | 3.0                             | no se permite            |                | si            | sin límite     | si            | sin límite     |

### 2.1.2. Pórticos de Acero con Diagonales – DES – (Combinado o Dual)

**Tabla A.3-2 (continuación)**  
**Sistema estructural combinado (Nota 1)**

| B. SISTEMA COMBINADO                                                      |                                                  | Valor<br>$R_0$<br>(Nota<br>2) | Valor<br>$\Omega_0$<br>(Nota<br>4) | zonas de amenaza sísmica |                |               |                |               |                |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Sistema resistencia sísmica<br>(fuerzas horizontales)                     | Sistema resistencia para<br>cargas verticales    |                               |                                    | alta                     |                | intermedia    |                | baja          |                |
|                                                                           |                                                  |                               |                                    | uso<br>permit            | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. |
| n. Muros de cortante<br>compuestos con placa de<br>acero y concreto       | pórticos de acero resistente o<br>no a momentos  | 6.5                           | 2.5                                | si                       | 50 m           | si            | Sin<br>límite  | si            | Sin<br>límite  |
| o. Muros de concreto<br>reforzado (DES) mixtos con<br>elementos de acero  | pórticos de acero resistente o<br>no a momentos  | 6.0                           | 2.5                                | si                       | 50 m           | si            | Sin<br>límite  | si            | Sin<br>límite  |
| p. Muros de concreto<br>reforzado (DMO) mixtos con<br>elementos de acero  | pórticos de acero resistente o<br>no a momentos  | 5.5                           | 2.5                                | No se permite            |                | No se permite |                | si            | Sin<br>límite  |
| q. Muros de concreto<br>reforzado (DMI ) mixtos con<br>elementos de acero | pórticos de acero resistentes o<br>no a momentos | 5.0                           | 2.5                                | no se permite            |                | no se permite |                | si            | 45 m           |
| 3. Pórticos con diagonales concéntricas                                   |                                                  |                               |                                    |                          |                |               |                |               |                |
| a. Pórticos de acero con<br>diagonales concéntricas (DES)                 | pórticos de acero no<br>resistentes a momentos   | 5.0                           | 2.5                                | si                       | 30 m           | si            | 45 m           | si            | 60 m           |

**Tabla A.3-4 (Continuación)**  
**Sistema estructural dual**

| D. SISTEMA DUAL                                                                                                                       |                                                                                                | Valor $R_0$<br>(Nota 2) | Valor $\Omega_0$<br>(Nota 3) | zonas de amenaza sísmica |                |               |                |               |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Sistema resistencia sísmica<br>(fuerzas horizontales)                                                                                 | Sistema resistencia para<br>cargas verticales                                                  |                         |                              | Alta                     |                | intermedia    |                | baja          |                |
|                                                                                                                                       |                                                                                                |                         |                              | uso<br>permit            | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. |
| c. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si las conexiones con las columnas por fuera del vínculo son resistentes a momento    | pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) | 6.0                     | 2.5                          | si                       | sin límite     | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| d. Pórticos de acero con diagonales excéntricas si las conexiones con las columnas por fuera del vínculo no son resistentes a momento | pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad moderada de disipación de energía (DMO) | 5.0                     | 2.5                          | si                       | sin límite     | si            | sin límite     | si            | sin límite     |
| <b>3. Pórticos con diagonales concéntricas</b>                                                                                        |                                                                                                |                         |                              |                          |                |               |                |               |                |
| a. De acero con capacidad especial de disipación de energía (DES)                                                                     | pórticos de acero resistentes a momentos con capacidad especial de disipación de energía (DES) | 6.0                     | 2.5                          | si                       | sin límite     | si            | sin límite     | si            | sin límite     |

### 2.1.3. Muros de Mampostería Reforzada con todas las celdas Rellenas – DES

**Tabla A.3-1**  
**Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)**

| A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA                                                                            |                                               | Valor $R_0$<br>(Nota 2) | Valor $\Omega_0$<br>(Nota 4) | zonas de amenaza sísmica |                |               |                |                     |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------------|----------------|
| Sistema resistencia sísmica<br>(fuerzas horizontales)                                                   | Sistema resistencia para<br>cargas verticales |                         |                              | Alta                     |                | intermedia    |                | Baja                |                |
|                                                                                                         |                                               |                         |                              | uso<br>permit            | altura<br>máx. | uso<br>permit | altura<br>máx. | uso<br>permit       | Altura<br>máx. |
| 1. Paneles de cortante de madera                                                                        | muros ligeros de madera laminada              | 3.0                     | 2.5                          | si                       | 6 m            | si            | 9 m            | si                  | 12 m           |
| <b>2. Muros estructurales</b>                                                                           |                                               |                         |                              |                          |                |               |                |                     |                |
| a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (DES)                              | el mismo                                      | 5.0                     | 2.5                          | si                       | 50 m           | si            | sin límite     | si                  | Sin límite     |
| b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (DMO)                              | el mismo                                      | 4.0                     | 2.5                          | no se permite            |                | si            | 50 m           | si                  | Sin límite     |
| c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (DMI)                                | el mismo                                      | 2.5                     | 2.5                          | no se permite            |                | no se permite |                | si                  | 50 m           |
| d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DES) con todas las celdas rellenas | el mismo                                      | 3.5                     | 2.5                          | si                       | 50 m           | si            | sin límite     | si                  | Sin límite     |
| e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (DMO)                               | el mismo                                      | 2.5                     | 2.5                          | si                       | 30 m           | si            | 50 m           | si                  | Sin límite     |
| f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical                        | el mismo                                      | 2.0                     | 2.5                          | Grupo I                  | 2 pisos        | si            | 12 m           | si                  | 18 m           |
| g. Muros de mampostería confinada                                                                       | el mismo                                      | 2.0                     | 2.5                          | Grupo I                  | 2 pisos        | Grupo I       | 12 m           | Grupo I             | 18 m           |
| h. Muros de mampostería de cavidad reforzada                                                            | el mismo                                      | 4.0                     | 2.5                          | si                       | 45 m           | si            | 60 m           | si                  | Sin límite     |
| i. Muros de mampostería no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía)                      | el mismo                                      | 1.0                     | 2.5                          | no se permite            |                | no se permite |                | Grupo I<br>(Nota 3) | 2 pisos        |

|                                                                                                                                                                     |                                                                                                     |                                                                                                                                                                   |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <br><b>KRIBA INGENIEROS</b><br><small>Soluciones en Consultoría Estructural</small> | <b>ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE REF.<br/>ESTRUCTURAL O DISEÑO NUEVO -<br/>SEDE JUDICIAL PUEBLO RICO</b> | <b>Rama Judicial</b>                                                                                                                                              |                  |
|                                                                                                                                                                     |                                                                                                     | CODIGO                                                                                                                                                            | <b>K039-2020</b> |
|                                                                                                                                                                     |                                                                                                     | VERSION                                                                                                                                                           | 001              |
|                                                                                                                                                                     |                                                                                                     | REVISION                                                                                                                                                          | OCT 2020         |
|                                                                                                                                                                     |                                                                                                     | <br>Rama Judicial<br>Consejo Superior de la Judicatura<br>República de Colombia |                  |

## 2.2. Grupo de Uso II:



La edificación actual en el cual se desarrollan las actividades de Administración de Justicia, pertenece al Grupo de Uso II y por tratarse de una edificación de Uso Gubernamental tiene un Coeficiente de Importancia I, superior a la Unidad.

|                               |                                                                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zona de Amenaza Sísmica       | Alta                                                                                                        |
| Grupo de Uso                  | II                                                                                                          |
| Uso                           | Gobierno                                                                                                    |
| Sistema Estructural Permitido | Pórticos Resistentes a Momento de Concreto<br>Pórticos de Acero<br>Mampostería Reforzada PV Celdas Rellenas |

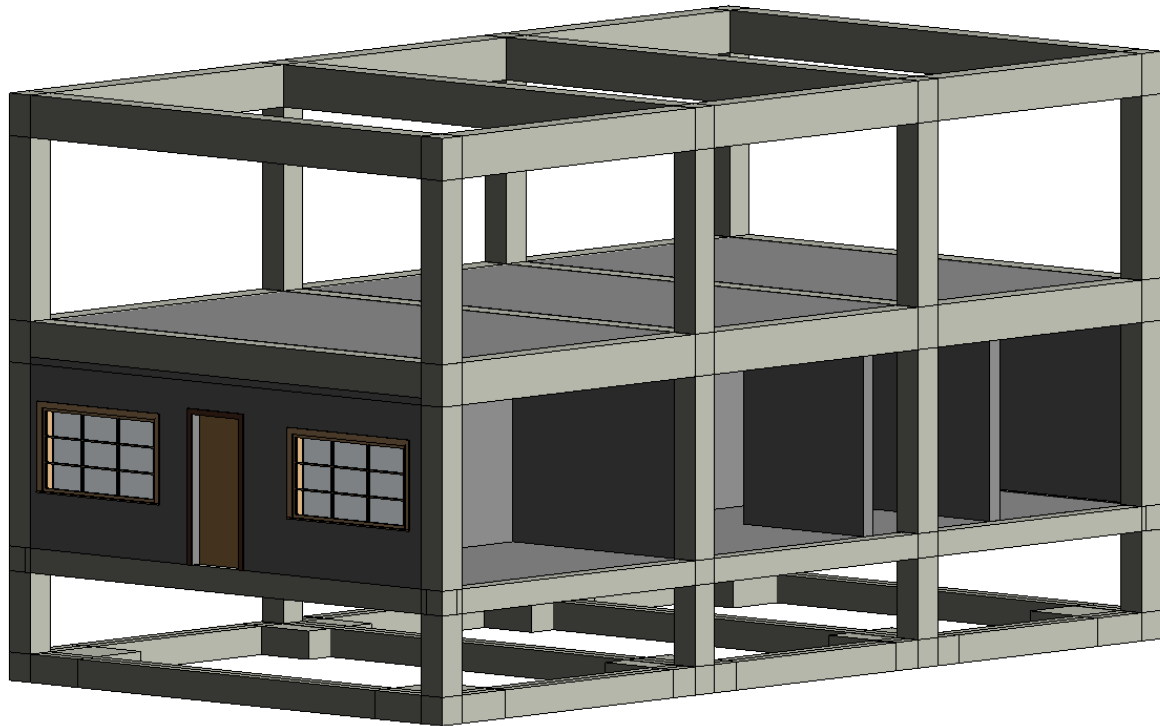
Por otra parte, los sistemas estructurales están clasificados en las **Tablas A.3-1 a A.3-4** de la NSR-10 y se encuentran limitados por las siguientes variables, Zona de Amenaza Sísmica, Altura máxima Permitida, y Grupo de Uso; de acuerdo con ellos se pueden encontrar clasificaciones de sistemas estructurales que cumplen en zonas de amenaza sísmica alta, pero están limitadas para el Grupo de Uso.

Por lo anterior, los sistemas estructurales anteriormente expuestos son sistemas estructurales que cumplen tanto para zonas de AMENAZA SÍSMICA ALTA, como para Grupo de uso de la edificación;

El Sistema Estructural de **MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA**, los cuales se indican en el ítem g. de la Tabla A.3-1, es un sistema valido para las tres (3) zonas de amenaza sísmica mas no para estructuras de Grupo II.

### 3. PROPUESTAS DE DISEÑO PARA SISTEMAS ESTRUCTURALES VÁLIDOS

#### 3.1. Diseño Estructural con Pórticos Resistentes a Momento



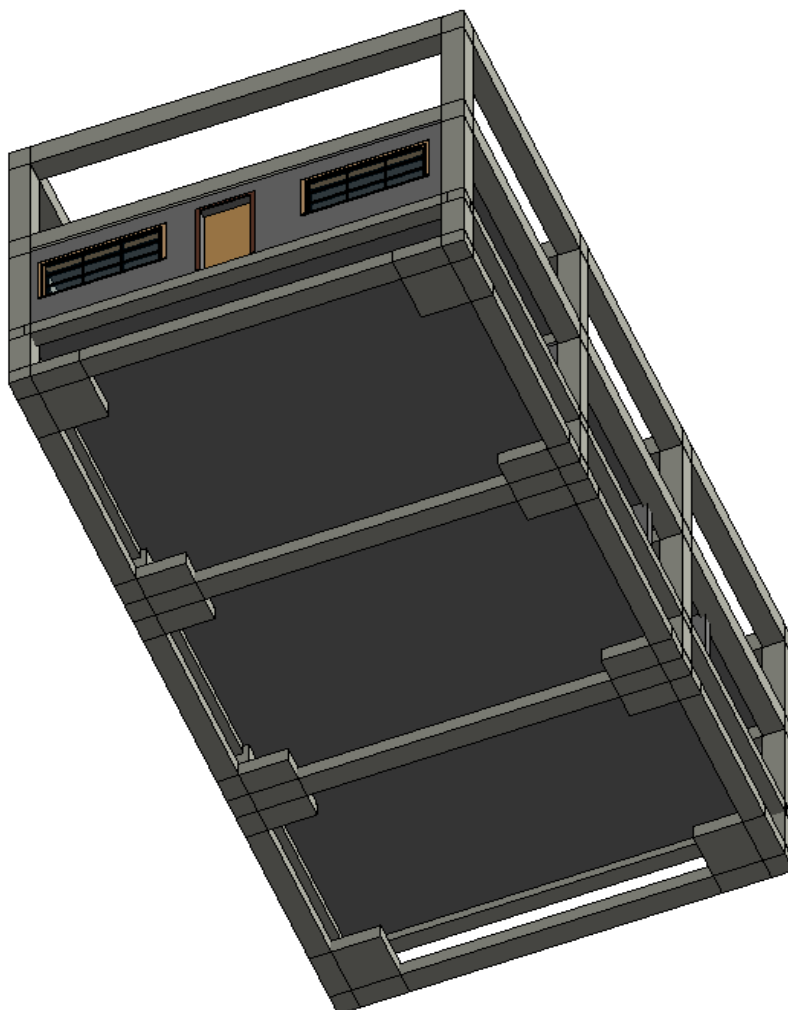
Como propuesta de Diseño Estructural para la edificación actual, se halla la posibilidad de adicionar pórticos de concreto reforzado, en los dos sentidos; Es indispensable que sea en ambos sentidos debido a que la mampostería no reforzada que se encuentra en la actualidad no proporciona una rigidez, y presenta una ductilidad nula a la edificación.

Dichos pórticos deberán ser diseñados con requisitos de ductilidad especial (DES) debido a que la estructura se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, estos requisitos nos conlleva a que los elementos estructurales tendrá un detallado de refuerzo especial y que la geometría de los elementos será un poco más amplia de acuerdo con el cumplimiento de la NSR-10; Como lo muestra en la anterior imagen cada columna en concreto deberá tener su respectiva zapata de cimentación a una profundidad de -1.50m, de acuerdo con lo especificado en el estudio de suelos; Igualmente será necesario construir vigas de cimentación y de amarre de acuerdo a los requerimientos normativos de la NSR-10; Para fundir cada zapata y viga de amarre de la

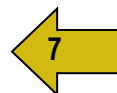
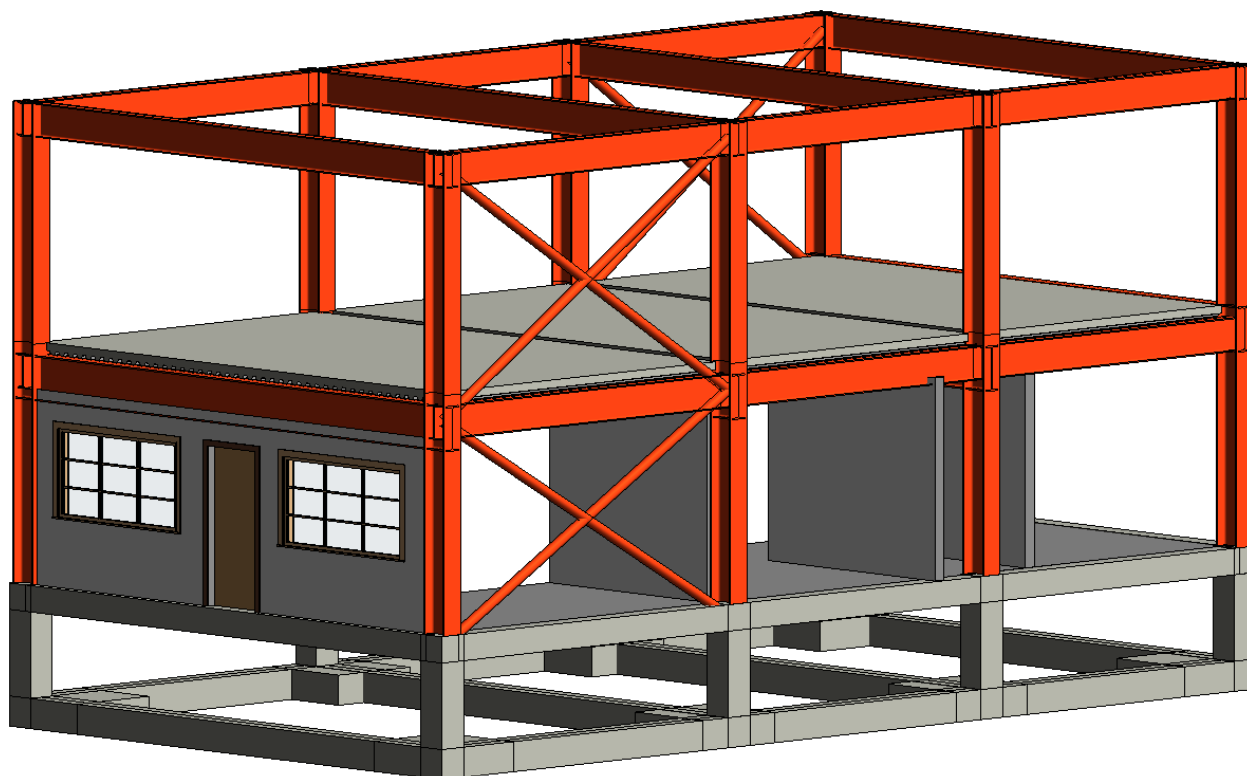
estructura que se puede apreciar en la imagen, será necesario realizar excavaciones que deberán requerir la demolición de la paca de contrapiso actual y de los muros de mampostería que interfieren con los nuevos ejes de los elementos estructurales a construir, como sucede con los muros perimetrales y de fachada que afecta de manera directa, los elementos de cimentación, por lo que será inminente la demolición de dichos muros, y desmonte de puertas y ventanas para su posterior reinstalación. Igualmente, para realizar el armado, formaleta y fundida de los elementos columnas y vigas aéreas, se deberán requerir dichas áreas disponibles, lo cual será invasivo en el proceso de construcción.



De acuerdo con lo anterior y al sustento técnico anteriormente expuesto, se evidencia que se presentan múltiples inconvenientes al pretender mantener parte de la estructura existente en el reforzamiento estructural, es inminente que para armar dichos pórticos en concreto y realizar un proceso constructivo adecuado se deberá realizar la demolición total de la edificación actual.



### 3.2. Diseño Estructural con Pórticos de Acero con Diagonales – DES – (Combinado o Dual)



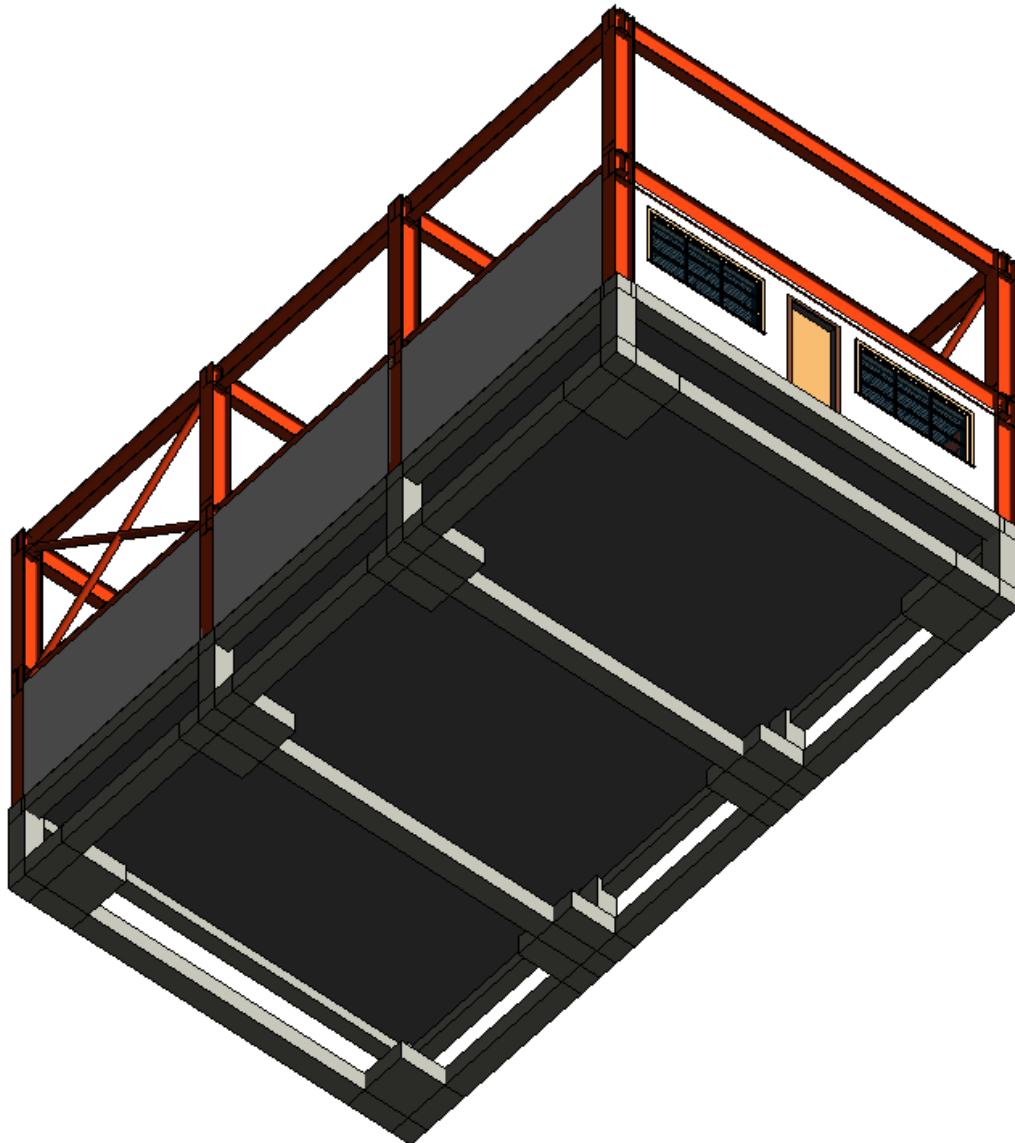
Como segunda propuesta de Diseño para la edificación actual, se halla la posibilidad de adicionar pórticos en acero en ambos sentidos, con diagonales concéntricas; Se resalta nuevamente que la mampostería no reforzada que se encuentra en la actualidad no proporciona una rigidez, y presenta una ductilidad nula a la edificación.

Si bien el proceso constructivo en altura de dichos pórticos es menos invasivo que el del concreto reforzado, se presenta el mismo inconveniente por parte de la cimentación, Como lo muestra en la anterior imagen cada perfil metálico de columna será apoyado sobre un pedestal en concreto, este esta cimentado sobre una zapata aislada de aproximadamente 1.60m x 1.60m de área, a una profundidad de -1.50, de acuerdo con lo especificado en el estudio de suelos, será necesario construir vigas de cimentación y de amarre de acuerdo a los requerimientos normativos de la NSR-10; Igualmente, como sucede con la estructura en concreto reforzada, para fundir cada zapata y viga de amarre de la estructura, será necesario realizar excavaciones que deberán requerir la demolición de la paca de contrapiso actual y de los muros de mampostería que interfieren con los

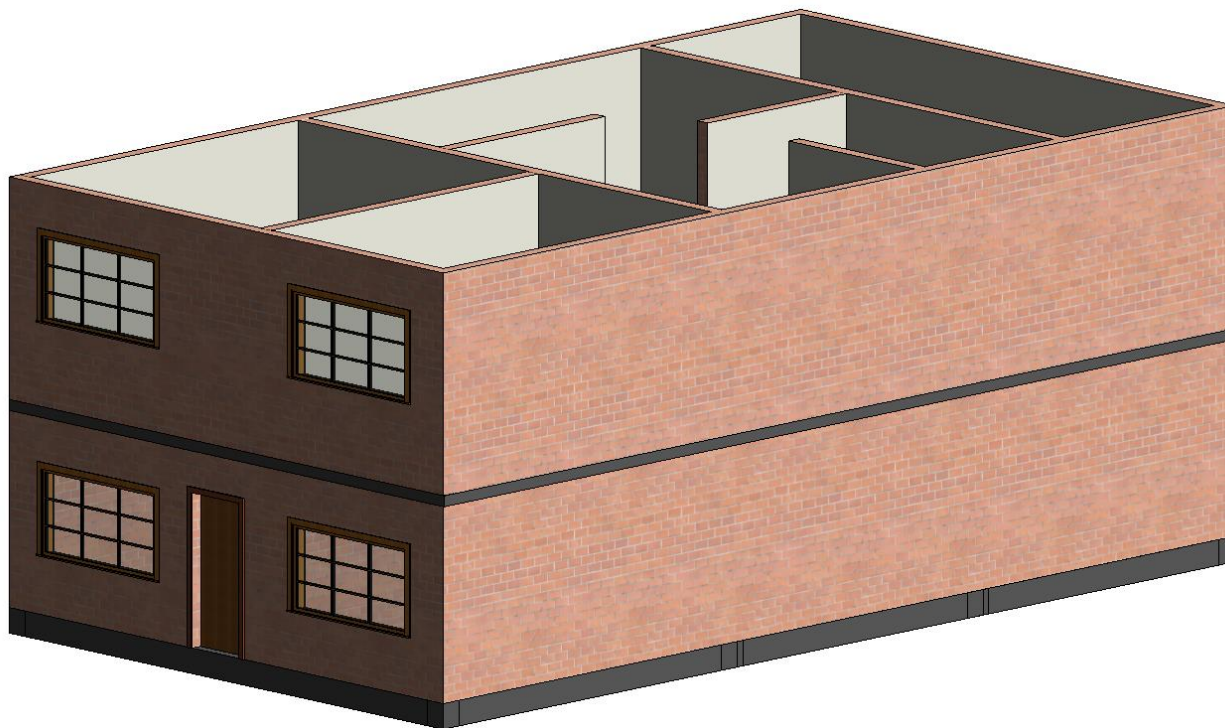
nuevos ejes de los elementos estructurales a construir, como sucede con los muros perimetrales y de fachada que afecta de manera directa, los elementos de cimentación, por lo que será inminente la demolición de dichos muros.



De acuerdo con lo anterior y al sustento técnico anteriormente expuesto, se evidencia que igualmente como sucede en los pórticos en concreto, se presentan múltiples inconvenientes al pretender mantener parte de la estructura existente en el reforzamiento estructural, es inminente que para armar dichos pórticos en acero y realizar un proceso constructivo adecuado se deberá realizar la demolición total de la edificación actual.



### 3.3. Muros de Mampostería Reforzada con todas las celdas Rellenas – DES



Como propuesta de reforzamiento para la edificación actual, se halla la posibilidad de realizar mampostería reforzada con todas las celdas rellenas, en ambos sentidos; Es indispensable que sea en ambos sentidos debido a que la mampostería no reforzada que se encuentra en la actualidad no proporciona una rigidez, y presenta una ductilidad nula a la edificación.

Igualmente, el proceso constructivo en altura de dichos muros es menos invasivo que el del concreto reforzado, pero se presenta el mismo inconveniente por parte de la cimentación, como lo muestra en la anterior imagen la mampostería reforzada deberá estar apoyada sobre una losa de cimentación y vigas de amarre descolgadas tipo dentellón, el espesor de la losa y la altura de las vigas descolgadas deberá ser definido por el geotecnista; Dicha losa de cimentación y vigas deberán ser diseñadas de acuerdo a los requerimientos normativos de la NSR-10 para (DES); Igualmente, como sucede en las anteriores propuestas, para fundir la losa y vigas de cimentación, será necesario realizar excavaciones que deberán requerir la demolición de la paca de contrapiso actual y de los muros de mampostería que interfieren con los nuevos ejes de la mampostería estructural a construir; Esto se evidencia en los muros perimetrales y de fachada que afecta de manera directa, los elementos de cimentación, por lo que será inminente la demolición de dichos muros.

|                                                                                                                                                                |                      |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|
|  <b>KRIBA INGENIEROS</b><br>Soluciones en Consultoría Estructural              | <b>Rama Judicial</b> |                  |
|                                                                                                                                                                | CODIGO               | <b>K039-2020</b> |
|                                                                                                                                                                | VERSION              | 001              |
|                                                                                                                                                                | REVISION             | OCT 2020         |
| <b>ANÁLISIS ALTERNATIVAS DE REF. ESTRUCTURAL O DISEÑO NUEVO - SEDE JUDICIAL PUEBLO RICO</b>                                                                    |                      |                  |
|  Rama Judicial<br>Consejo Superior de la Judicatura<br>República de Colombia |                      |                  |

