

# EL SISMO EN ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA

---

DISEÑO SÍSMICO EN UN MONUMENTO DE PIEDRA

ARQ. ARTURO RÍOS SANTA CRUZ POLANCO

CUALES SON LAS DIFERENCIAS  
ENTRE  
LA MAMPOSTERÍA ARMADA Y  
LA MAMPOSTERÍA SIMPLE.

# ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA ARMADA

## CONFINADAS CON CADENAS Y CASTILLOS.

### 1. CARACTERÍSTICAS:

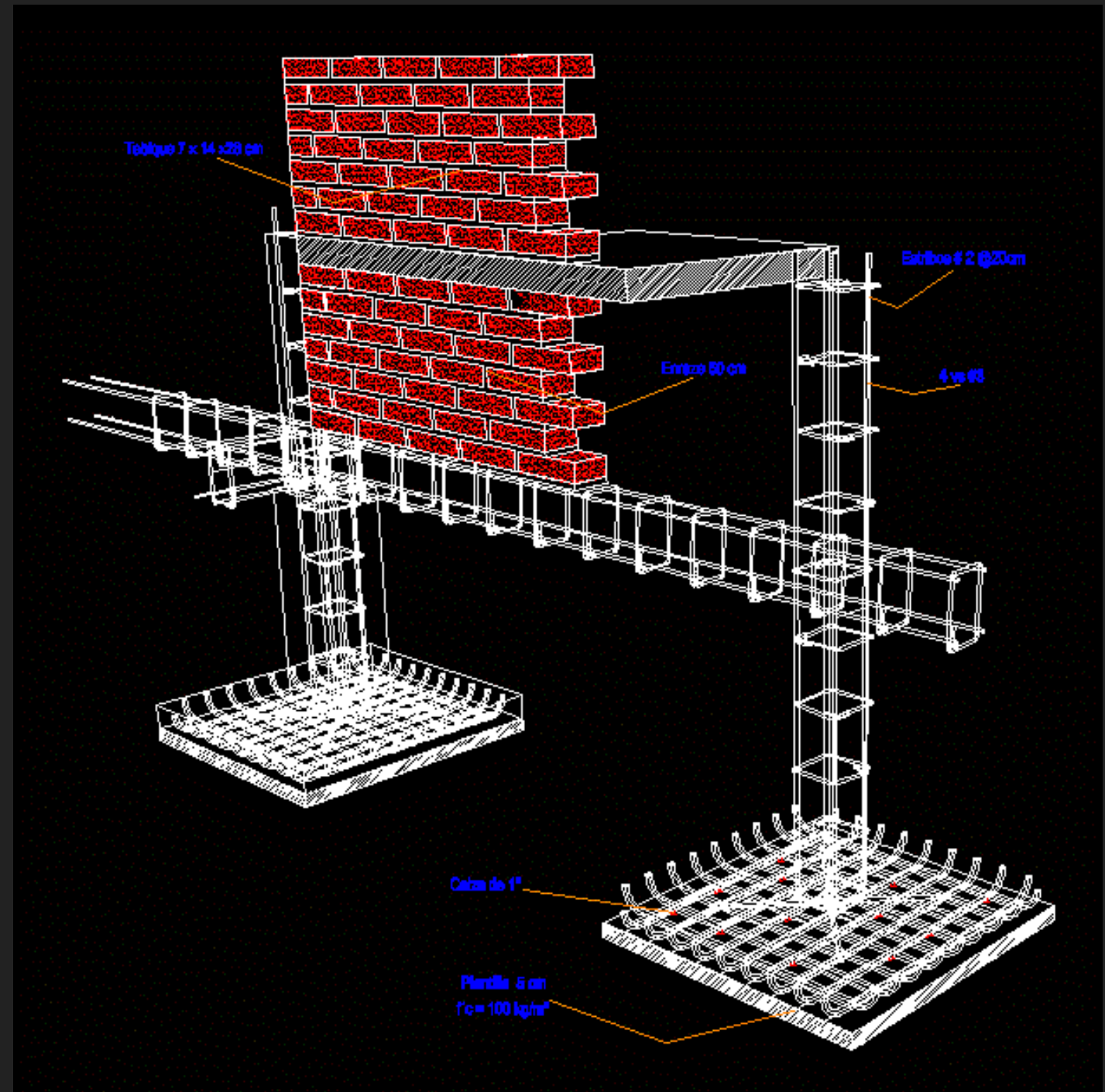
1. LOS MUROS ARMADOS RESISTEN COMPRESIONES Y TRACCIONES EN SU PLANO.
2. ESTOS MUROS, SE CONECTAN A LOSAS (DIAFRAGMAS), A TRAVÉS DE CADENAS Y CASTILLOS GENERANDO UNA UNIDAD ESTRUCTURAL.
3. LAS CADENAS Y CASTILLOS TRABAJAN COMO UN SISTEMA EN TRACCIÓN Y/O COMPRESIÓN, Y CONFINAN A LOS MUROS EN TABLEROS.
4. LOS MUROS CONFINADOS POR CADENAS Y CASTILLOS, DEBEN TIENEN UNA PROPORCIÓN SENSIBLEMENTE CUADRADA Y NO TENER SEPARACIONES A MMAYORES A 3.50 MTS.
5. LAS CARACTERÍSTICAS DE LA MAMPOSTERÍA ARMADA, PERMITE REDUCIR LA SECCIÓN DE LOS MUROS DE MANERA IMPORTANTE.

# MAMPOSTERÍA ARMADA



## CONCLUSIÓN:

LA GRAN VENTAJA DE LA MAMPOSTERÍA ARMADA ES SU CAPACIDAD PARA TOMAR TRACCIONES Y COMPRESIONES, ES DECIR SE CONVIERTE EN UNA ESTRUCTURA BI-RESISTENTE



# ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA SIMPLE.<sub>(MUROS, CONTRAFUERTE, ARCOS, BÓVEDAS Y CÚPULAS)</sub>

## 1. QUÉ ES LA MAMPOSTERÍA SIMPLE :

- 1. RESISTENTE A LA COMPRESIÓN, ES UNI-RESISTENTE Y ES FRÁGIL*
- 2. ACEPTA DEFORMACIONES A LARGO PLAZO.*

## 2. QUE NO ES LA MAMPOSTERÍA SIMPLE :

- 1. NO ES RESISTENTE A LA TRACCIÓN*
- 2. NO ES HOMOGÉNEA, NO ES CONTINUA.*
- 3. LA ADHERENCIA ENTRE PIEDRA Y MORTERO ES MUY PEQUEÑA*

## 3. LOS ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA, POR EL TAMAÑO DE LAS PIEDRAS QUE LOS CONFORMAN, RESULTAN DE SECCIONES GRANDES.

- 1. LOS ESFUERZOS EN ESTOS ELEMENTOS, RESULTAN MUY BAJOS.*





- ▶ LA MAMPOSTERÍA *ES FRÁGIL, PERO ACEPTA DEFORMACIONES A LARGO PLAZO.*

## QUE AFECTA A UN MONUMENTO DURANTE UN SISMO?

1. CUANDO LA FRECUENCIA DE LA ONDA SÍSMICA QUE VIAJA POR EL SUELO ES IGUAL O CERCANA A LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN DEL MONUMENTO, ÉSTE ENTRARÁ EN RESONANCIA CON LA ONDA SÍSMICA. SI EL SISMO ES MUY PROLONGADO, FINALMENTE, ACABARÁ DERRIBANDO.
2. SE HA OBSERVADO, QUE DEBIDO A LA SOBRE EXPLOTACIÓN DE LOS MANTOS ACUÍFEROS EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, UN TERRENO DE ARCILLA SATURADA CON AGUA, SE TRANSFORMA EN UN TERRENO CAVERNOSO O ESPONJOSO. ANTE UN EVENTO SÍSMICO, ESTA ESTRUCTURA ESPONJOSA COLAPSARÁ, GENERANDO ASENTAMIENTOS SÚBITOS EN EL TERRENO Y POR LO TANTO, ASENTAMIENTOS BRUSCOS EN EL MONUMENTO .

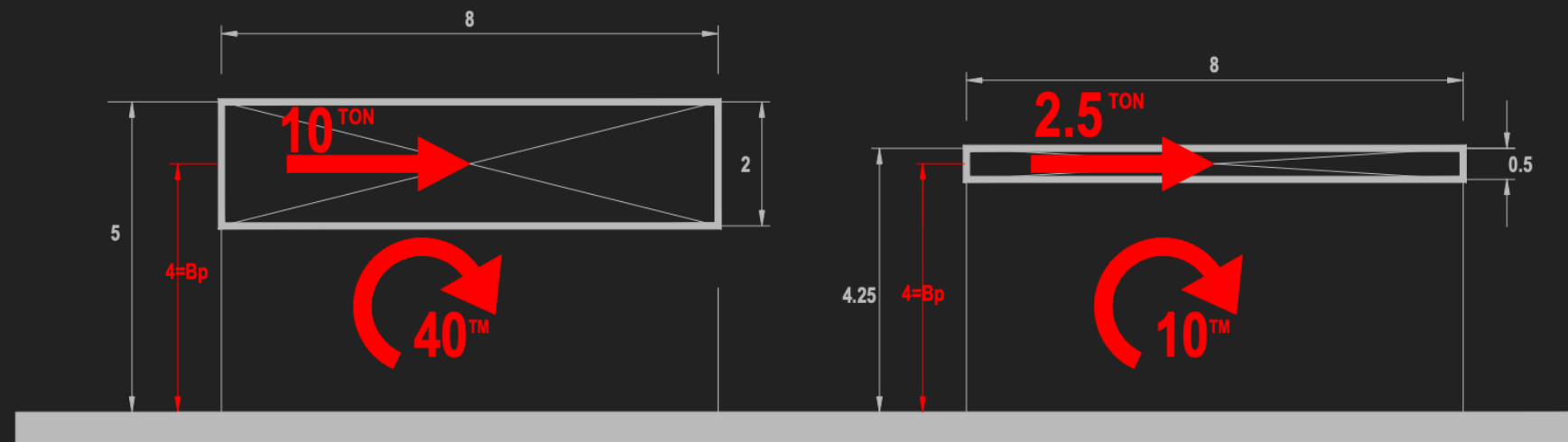


1. LOS MUROS GRUESOS DE LOS MONUMENTOS ESTAN HECHOS CON DOS MUROS DELGADOS Y PARALELOS, RELLENOS CON CASCAJO CON CAL O TIERRA EN LOS CASOS MAS POBRES. ( NORMALMENTE LOS MUROS PARALELOS NO ESTÁN CONECTADOS ENTRE SÍ )
2. LAS BÓVEDAS DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA Y CAL, TIENEN RELLENOS DE TIERRA Y ESTAN RECUBIERTAS CON ENTORTADOS DE CAL- ARENA, ACABADAS CON ENLADRILLADOS.



SISMO DE 2017





$$M = 10^{\text{TON}} \times 4_M = 40^{\text{TM}}$$

$$M = 2.5^{\text{TON}} \times 4_M = 10^{\text{TM}}$$

**DIFERENTE MASA MISMO BRAZO DE PALANCA**

- ▶ 3. UN MONUMENTO SUFRIRÁ MAS LOS EFECTOS DEL SISMO SI SUS CUBIERTAS SON ESTRUCTURAS MUY PESADAS, YA QUE EN FORMA MUY SIMPLE, EL EFECTO SÍSMICO EN UN MONUMENTO, ESTÁ EN FUNCIÓN DE SU PESO.

## CONCLUSION:

EL SISMO AFECTA MÁS A UN EDIFICIO PESADO QUE A UNO LIGERO.

# ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS QUE AYUDAN AL MONUMENTO EN UN SISMO.

## 1. PEDRAPLEN (CIMENTACIÓN)

1. DEBE PERMITIR UN COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL FIRME Y SIN DEFORMACIONES

## 2. CINTURON DE CONTRARRESTO

1. SON LOS ELEMENTOS QUE TOMAN LA ENERGÍA HORIZONTAL DE UN SISMO

## 3. SISTEMA DE DIAFRAGMAS

1. SON LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONECTAN A MUROS Y COLUMNAS ENTRE SI.

## 4. SISTEMA DE ARCOS DE CARGA

1. SON LOS ELEMENTOS QUE SIRVEN DE CONEXIÓN ENTRE DIAFRAGMAS Y COLUMNAS Y MUROS

- ▶ 6. SI LOS MUROS DE UN MONUMENTO NO ESTAN LIGADOS ENTRE SI A TRAVES DE DIAFRAGMAS, ESTOS OSCILARAN DURANTE UN SISMO DE MANERA INDEPENDIENTE COMO PÉNDULOS INVERTIDOS. ESTA OSCILACIÓN PODRÍA GENERAR EL COLAPSO DE TOTAL O PARCIAL DE LA CUBIERTA.
- ▶ 7. SI LA POSICIÓN GEOMÉTRICA DE LOS MUROS DE UN MONUMENTO NO TIENEN UNA COMPOSICIÓN RELATIVAMENTE SIMÉTRICA, ESTA CONDICIÓN GENERARÁ UNA EXCENTRICIDAD ENTRE LA POSICIÓN DE SU CENTRO DE GRAVEDAD Y LA POSICIÓN DE LAS RESULTANTES DEL CENTRO DE RIGIDEZ DEL MONUMENTO, LO QUE DARÁ POR RESULTADO UN MOMENTO DE TORSIÓN QUE PODRÍA DAÑAR SUS MUROS Y CUBIERTAS.



# QUE DEBEMOS EVALUAR TRAS LA ACCIÓN DE UN SISMO

## 1. LA SEGURIDAD DE LOS USUARIOS.

1. RESTRINGIR EL ACCESO AL MONUMENTO, HASTA TENER UN DICTAMEN

## 2. BUSCAR LA PERMANENCIA DEL MONUMENTO.

1. ASEGURAR LOS ELEMENTOS DAÑADOS
2. PROTEGERLO DE LA LLUVIA
3. EVALUAR AL MONUMENTO CON UN ANÁLISIS PRELIMINAR DE ESTABILIDAD

## 3. DISEÑAR UN PLAN DE ACCIÓN.

1. RETIRO Y CLASIFICACIÓN DE ESCOMBROS
2. APUNTALAMIENTO Y ASEGURAMIENTO DEL MONUMENTO
3. ESQUEMA DE INTERVENCIÓN

# CATEDRAL METROPOLITANA EN CD



# CATEDRAL METROPOLITANA

## ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE DEFENSA DURANTE UN SISMO

### 1. PEDRAPLEN (CIMENTACIÓN)

### 2. CINTURON DE CONTRARRRESTO

1. CONTRAFUERTE Y ARBOTANTES

2. MUROS PERIMETRALES

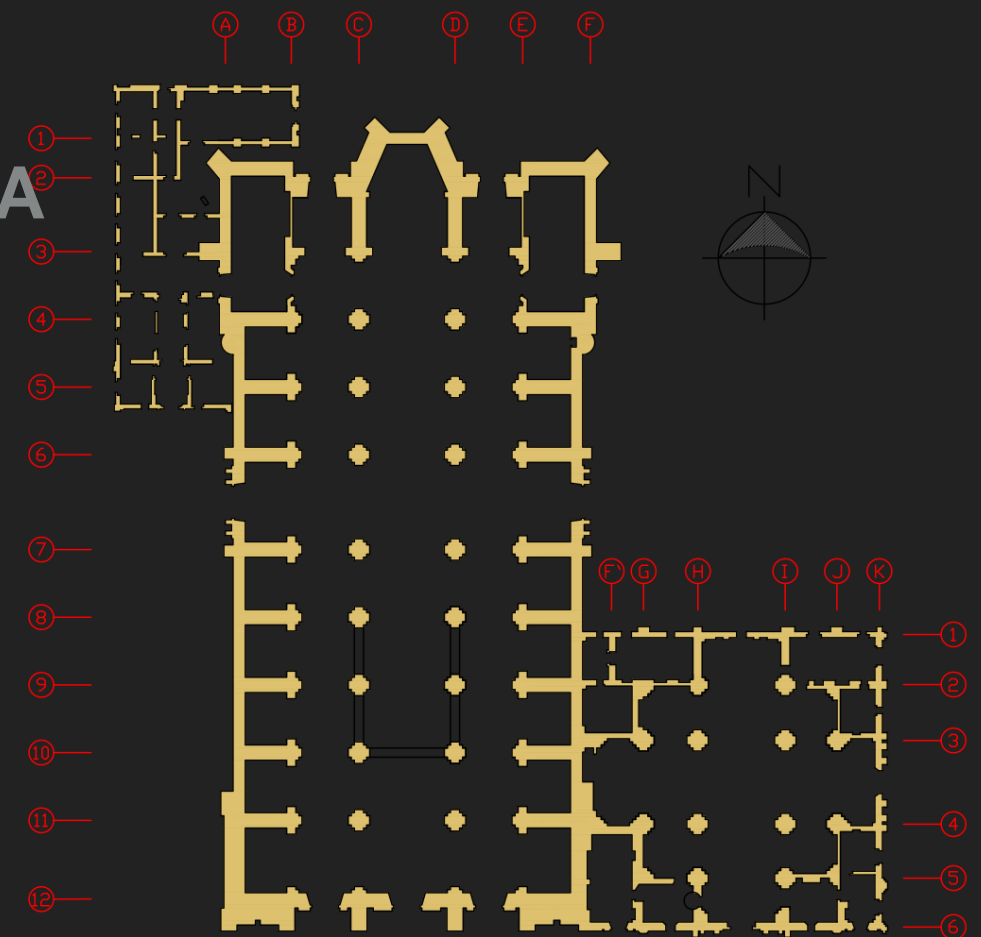
### 3. SISTEMA DE DIAFRAGMAS

1. BOVEDAS DE PLATILLO

2. BOVEDAS DE CAÑON

### 4. SISTEMA DE ARCOS DE CARGA

1. ARCOS FAJONES Y FORMEROS



Planta Catedral - Sagrario



Corte transversal Catedral - Sagrario



## ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE UN MONUMENTO EN SU COMPOSICIÓN ARQUITECTÓNICA.

1. DEBEN EXISTIR **MUROS PERPENDICULARES** CON SUFICIENTE AREA TRANSVERSAL EN LAS DOS DIRECCIONES PARA TOMAR EL EFECTO SISMICO QUE VENGA DE CUALQUIER DIRECCIÓN.
2. **HACER COINCIDIR EL CENTRO DE GRAVEDAD DEL EDIFICIO** (GEOMETRÍA) **CON EL CENTRO DE RIGIDEZ DEL SISTEMA DE MUROS** , (QUE SON LOS VECTORES QUE REPRESENTAN A LOS MUROS). **CUANDO ÉSTOS NO COINCIDEN, SE GENERA UNA EXCENTRICIDAD Y POR TANTO, UN PAR DE TORSIÓN** QUE SERÁ MÁS GRANDE A MEDIDA QUE LA EXCENTRICIDAD SEA MAYOR.
3. TANTO LOS MUROS COMO LOS CONTRAFUERTES DEBEN SER ESTABLES
  1. RELACION DE ESBELTEZ DE MUROS
  2. DIMENSIONAMIENTO DE CONTRAFUERTES

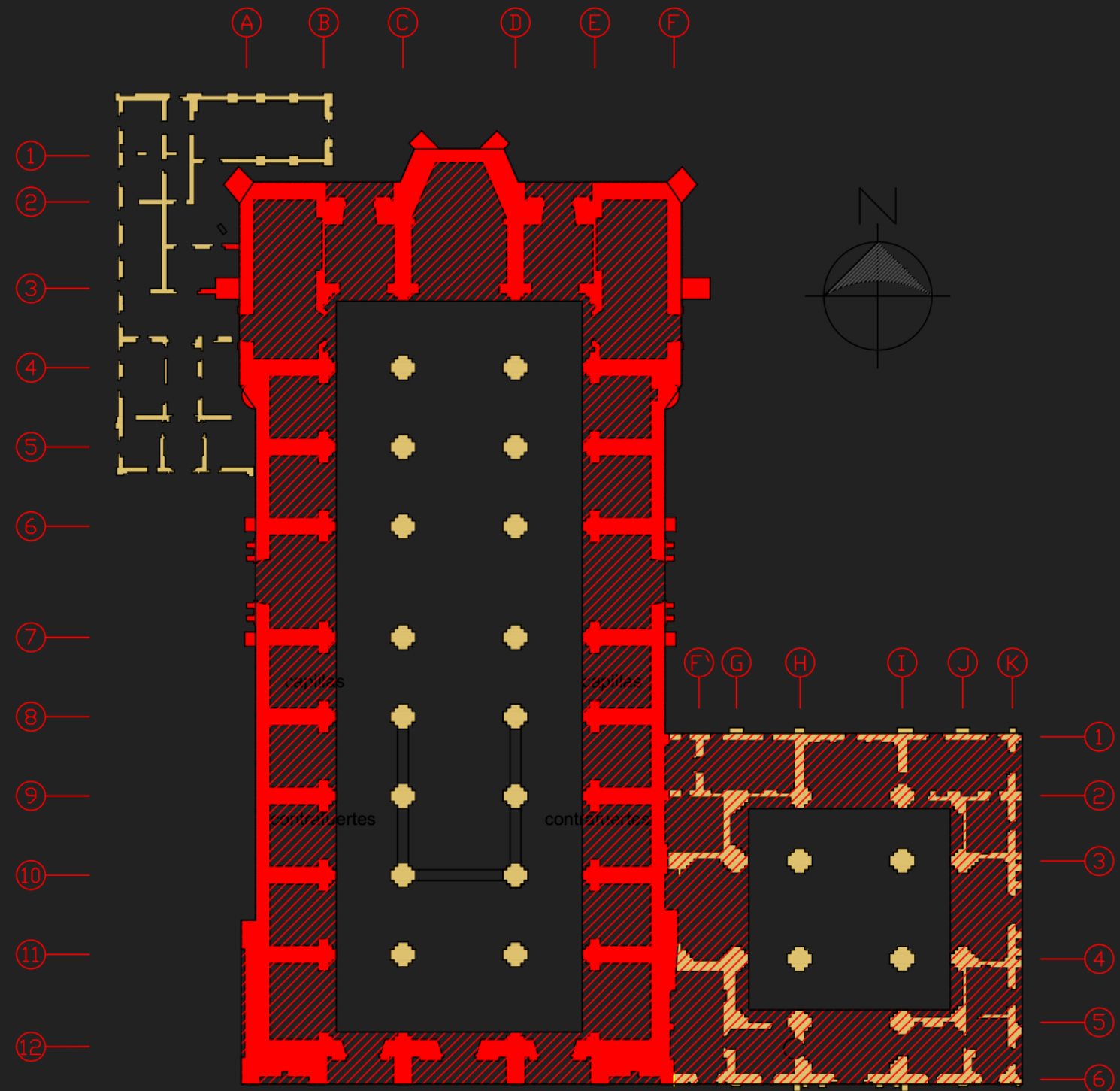
## CIMENTACIÓN SOPORTADA SOBRE RELLENO BLANDO Y ESTACONES DE MADERA

1. El pedraplén consta de dos estratos de piedra separados aprox<sup>o</sup>di. 2.50 m y conectados con muros anchos de 1.90m de mampostería. Los espacios que quedaron entre muros se rellenaron de material ligero.
2. Previamente, se hincaron estacones de madera (4 a 6 mts) con lajas de piedra a modo de capiteles, para apoyar el pedraplén.



# SISTEMA DE CONTRARRESTO

1. En la dirección x-x, son los contrafuertes de la catedral y son los que toman el coceos de los arcos y bóvedas así como el sismo en esa dirección. Se utilizaron como muros divisorios entre capillas
2. En la dirección y-y los muros de fachada se usaron como elementos para apoyar las bóvedas de platillo y tomar el sismo en esa dirección.

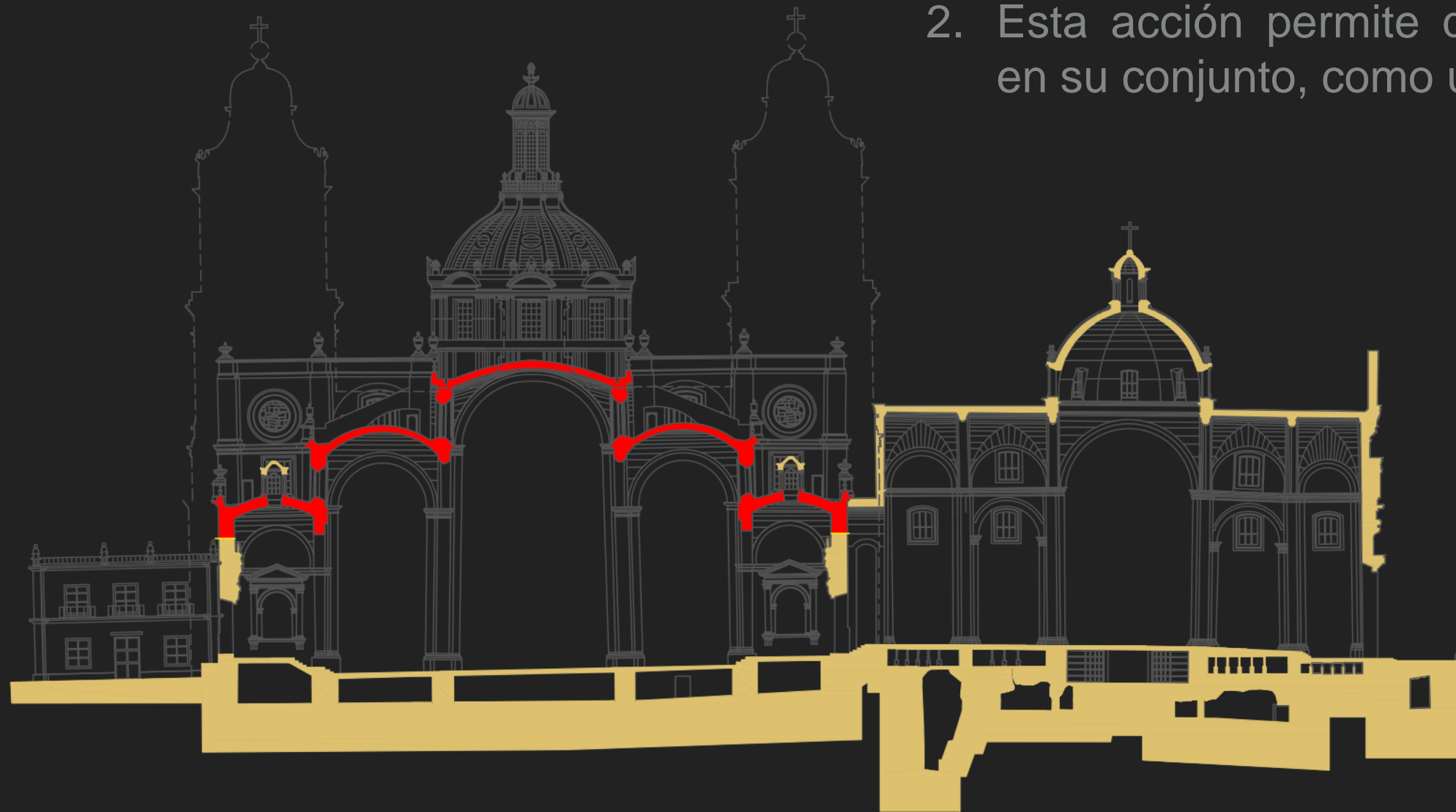


Cinturon de contrarresto



# SISTEMA DE DIAFRAGMAS

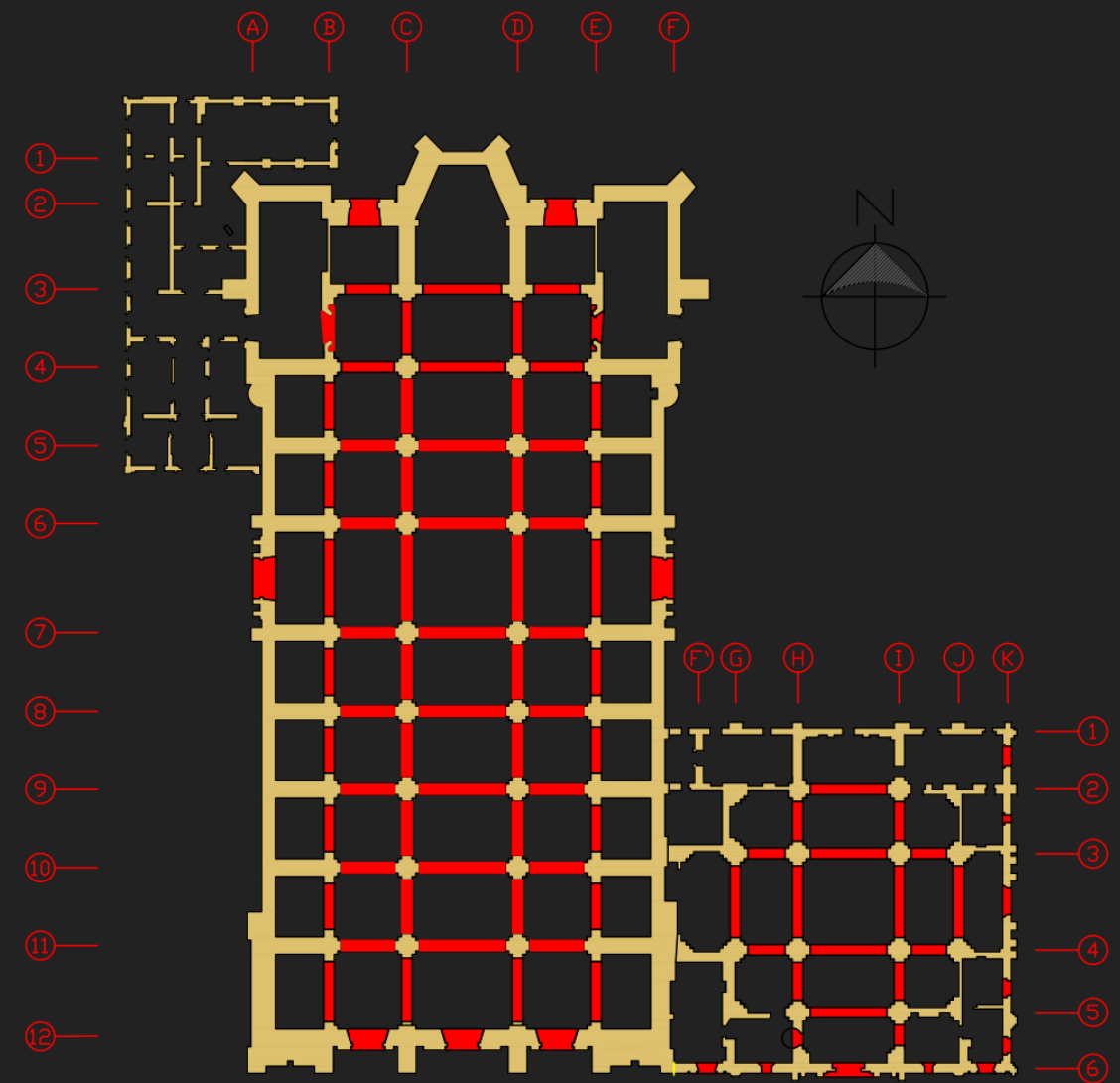
1. En este caso, los diafragmas son las bóvedas que conectan al sistema de arcos y éstos a las columnas y muros perimetrales.
2. Esta acción permite que la estructura actúe en su conjunto, como una unidad.



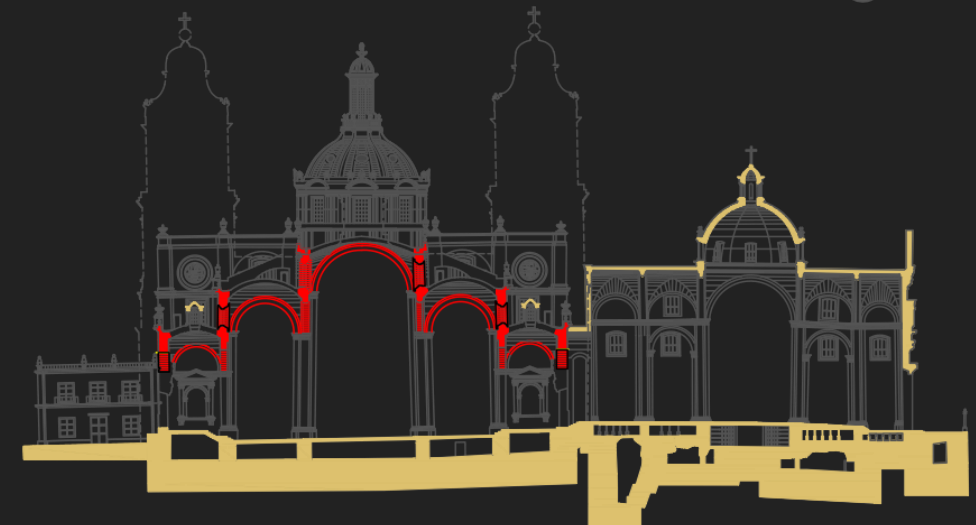
Sistema de diafragmas

# SISTEMA DE ARCOS DE CARGA

1. El sistema de arcos permite que las cargas verticales y horizontales de las bóvedas se transmitan hacia las columnas, contrafuertes y muros perimetrales.
2. Los arcos en planta funcionan como arcos horizontales. Dentro del ancho de éstos, se inscribe su polígono funicular, que permite conducir las fuerzas de las bóvedas hacia las columnas.



Sistema de arcos de carga



Sistema de arcos de carga

▶ BIBLIOGRAFÍA:

- ▶ DOCUMENTOS DE LA TESIS DOCTORAL DEL DR. EN ARQ. FERNANDO LÓPEZ CARMONA.
- ▶ PLATICAS PERSONALES CON EL DR. EN ARQ. FERNANDO LÓPEZ CARMONA.