

**ANALISIS DEL INCREMENTO DE COSTOS EN EL DISEÑO DE MUROS DE  
CONTENCION EN VOLADIZO TENIENDO EN CUENTA EL EFECTO SISMICO**

**JORGE FARYD DURAN JAIMES  
HAURY RICARDO VARGAS HERNANDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2007**

**ANALISIS DEL INCREMENTO DE COSTOS EN EL DISEÑO DE MUROS DE  
CONTENCION EN VOLADIZO TENIENDO EN CUENTA EL EFECTO SISMICO**

**JORGE FARYD DURAN JAIMES  
HAURY RICARDO VARGAS HERNANDEZ**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director  
GUSTAVO CHIO CHO  
Ingeniero Civil M.Sc, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2007**

A mi Madre, mujer que no me rece una sino mil palabras de especial cariño y agradecimiento, pues mis triunfos son consecuencia de su amoroso esfuerzo

A mi Padre, gran hombre al que admiro y respeto profundamente

A mi hermano, del que espero poder ser, quizás un ejemplo

A Jazmín, bella como la flor que lleva su nombre, quien alegra mi corazón tan solo con  
SU VOZ

FARYD

A José Ricardo (Q.E.P.D), mi padre, hombre de quien por siempre voy a estar orgulloso simplemente por el hecho de haberme permitido ser su hijo y haberme dado el lujo de tenerlo como padre, gracias Papá!!!

A María Isabel, mi madre, mujer encantadora quien con su magia se encarga de llenar de amor el espacio que la rodea, no me alcanzarían todas las hojas de este libro para agradecerle a Ella todo lo que me ha dado.

A Pedro, Carlos, Bercely, Richard, Eduardo y Consuelo, mis hermanos, gracias al esfuerzo al apoyo y a los excelentes consejos de todos ellos he podido corregir algunos de los errores que he cometido a lo largo de mi vida y pude sobrellevar la lejanía del hogar.

Y por supuesto a mis amigos (ellos saben quiénes son), por los buenos momentos, por el apoyo, por aguantarme y alcahuetearme durante todos estos años y por hacerme sentir que tengo una familia en esta ciudad...a todos gracias!!!

HAURY

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias, por su apoyo incondicional en cualquiera de los momentos a lo largo de nuestra carrera.

Al Ingeniero Gustavo Chio Cho, Director del Proyecto, por depositar su confianza en nosotros y apoyarnos con la realización de este libro.

A los Ingenieros Ricardo Cruz y Wilfredo Del Toro, pues su atención a nuestras consultas resultaron de gran valor durante el desarrollo de nuestro estudio.

A Marco Tulio Pérez y Víctor Márquez de G.S.S. Ltda., por su valiosa colaboración y buenas intenciones, al permitirnos herramientas para desarrollar este estudio durante nuestra labor en la empresa.

A nuestros amigos, pues son personas valiosas que ofrecen constante apoyo, alegría y buenos momentos, por que la pasamos muy bien durante la universidad.

A todas y cada una de las personas, que de una u otra forma colaboraron en la realización de esta proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION .....	14
1. OBJETIVOS.....	18
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
2. MARCO TEORICO .....	19
2.1. TIPOLOGIA GENERAL DE MUROS.....	19
2.1.1. DESIGNACIONES .....	19
2.1.2. TIPOLOGIA DE MUROS DE CONTENCION .....	20
2.1.2.1. Muros de gravedad. ....	20
2.1.2.2. Muros ménsula ó en voladizo.....	21
2.1.2.3. Muros de contrafuertes. ....	21
2.1.2.4. Muros de bandejas.....	22
2.1.2.5. Muros cribas y otros muros prefabricados. ....	23
2.2. EMPUJES DEL TERRENO SOBRE LOS MUROS .....	24
2.2.1. EMPUJE ACTIVO .....	25
2.2.1.1. Presión Activa: Teoría de Coulomb.....	26
2.2.1.2. Presión Activa: Teoría de Rankine .....	28
2.2.2. EMPUJE PASIVO .....	30
2.2.2.1. Presión Pasiva: Teoría de Coulomb.....	31
2.2.2.2. Presión Pasiva: Teoría de Rankine .....	31
2.2.3. EMPUJE PRODUCIDO POR SOBRECARGAS EN EL TERRENO .....	33
2.2.4. EMPUJE PRODUCIDO POR LA ACCION SISMICA.....	34
2.2.4.1. METODOS APLICADOS.....	35
2.2.4.1.1. MUROS CON DESPLAZAMIENTOS RESTRINGIDOS: FORMULACIÓN DE MONONOBE Y OKABE .....	35
2.2.4.1.2. MUROS CON DESPLAZAMIENTOS CONTROLADOS ..	39
2.2.4.1.3. METODO DE RICHARDS Y ELMS .....	41
2.3. ESTABILIDAD DE MUROS.....	42
2.3.1. Revisión por volteo .....	42
2.3.2. Revisión por deslizamiento .....	44
2.3.3. Revisión por capacidad de carga.....	45
3. DISEÑO DE MUROS DE CONTENCION EN VOLADIZO .....	47
3.1. DIMENSIONAMIENTO.....	48

3.2. CALCULO DE PRESIONES SOBRE EL MURO.....	49
3.3. CHEQUEO DE ESTABILIDAD.....	50
3.3.1. Volteo.....	50
3.3.2. Deslizamiento.....	51
3.3.3. Capacidad de carga.....	52
3.4. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	53
3.4.1. Consideraciones.....	53
3.4.1.1. Cortante.....	53
3.4.1.2. Flexión.....	54
3.4.1.3. Cuantías mínimas de acero.....	54
3.4.2. Diseño del Vástago.....	55
3.4.3. Diseño del Pie.....	57
3.4.4. Diseño del Talón.....	60
4. DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO USANDO LA HOJA DE CÁLCULO	
MURVOL_V1.xls.....	63
4.1. Requisitos.....	63
4.2. Proceso.....	64
4.3. Resultados.....	72
4.4. Optimización al Diseño.....	72
4.5. Tablas de diseño.....	74
5. ANALISIS DEL INCREMENTO DE LAS CANTIDADES DE MATERIAL ..	76
CONCLUSIONES.....	81
RECOMENDACIONES.....	83
BIBLIOGRAFIA.....	84
ANEXOS.....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Designaciones empleadas en muros.....	19
Figura 2. Muros de gravedad.....	21
Figura 3. Muros con contrafuertes.....	22
Figura 4: Muros de bandejas.....	22
Figura 5: Muros cribas.....	23
Figura 6: Empujes del terreno sobre muros.....	25
Figura 7: Presión activa de coulomb.....	26
Figura 8: Empuje Pasivo.....	30
Figura 9: Caso de sobrecarga en el terreno.....	34
Figura 10: Presión activa considerando efecto sísmico.....	37
Figura 11: Esquema general de cargas.....	42
Figura 12: Dimensiones generales para muros en voladizo.....	48
Figura 13: Proporciones usadas para el problema.....	49
Figura 14: Cargas que actúan en el vástago.....	55
Figura 15: Esquema del refuerzo en el vástago.....	57
Figura 16: Esquema de cargas en el pie.....	58
Figura 17: Esquema de refuerzo en el pie.....	59
Figura 18: esquema de cargas en el talón.....	60
Figura 19: Esquema de refuerzo en el talón.....	62
Figura 20: Entrada de datos.....	64
Figura 21: Dimensiones del muro.....	65
Figura 22: calculo de los empujes del terreno sobre el muro.....	65
Figura 23: chequeos de estabilidad del muro.....	66
Figura 24: Análisis y diseño del vástago.....	67
Figura 25: Análisis y diseño del pie.....	67
Figura 26: Análisis y diseño del talón.....	68
Figura 27: Resumen de resultados.....	69
Figura 28: Tabla de cuantías máximas y mínimas.....	69

Figura 29: Tabla de características de las barras .....	70
Figura 30: Dimensiones generales de muros en voladizo .....	70
Figura 31: esquema general de cargas .....	71
Figura 32: Esquema de colocación (despiece) de las armaduras.....	71
Figura 33: Ejemplo de falla en los factores de seguridad .....	73
Figura 34: Ejemplo de modificación de dimensiones y factores de seguridad	74
Figura 35: Tabla de diseño para $C_s = 0$ , $\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$ , $q = 0 \text{ KN/m}^2$ , $\alpha = 0^\circ$ .....	75
Figura 36: Cantidad de material para diseños sin sobrecarga .....	77
Figura 37: Cantidad de material para diseños con sobrecarga.....	77
Figura 38: Cantidad de material para diseños con inclinación del terreno....	78
Figura 39: Ejemplo de diseños no viables .....	79
Figura 40: Ejemplo de diseños no viables .....	79
Figura 41: Incremento porcentual general según zona sísmica.....	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Consideraciones del método Mononobe - Okabe .....	36
Tabla 2: Secciones, fuerzas y momentos .....	44
Tabla 3: Evaluación de fuerzas resistentes .....	51
Tabla 4: Evaluación de fuerzas actuantes .....	51

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO N° 1: MANUAL DE TABLAS DE DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO

ANEXO N° 2: COLECCIÓN DE CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL EN EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO

ANEXO N° 3: COLECCIÓN DE CURVAS DE LA RELACIÓN ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

ANEXO N° 4: COLECCIÓN DE CURVAS DE INCREMENTOS PORCENTUALES DE MATERIAL SEGÚN LA ZONA SÍSMICA

## RESUMEN

**TITULO: ANALISIS DEL INCREMENTO DE COSTOS EN EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCION EN VOLADIZO TENIENDO EN CUENTA EL EFECTO SISMICO\***

**AUTOR: JORGE FARYD DURAN JAIMES**

**HAURY RICARDO VARGAS HERNANDEZ\*\***

**PALABRAS CLAVE:** Muro de Contención, Efecto Sísmico.

El presente documento contempla inicialmente el análisis sísmico de muros de contención en voladizo, a partir de las teorías clásicas de evaluación de presión de tierras considerando variables tales como la capacidad portante del suelo, la inclinación del relleno y la existencia de sobrecarga. A continuación se da un vistazo a las teorías mas utilizadas en el análisis y diseño sísmico de muros de contención, mostrando sus principales características y la forma usual de aplicación de estos métodos de diseño. Posteriormente se presenta el análisis y diseño como una estructura de concreto reforzado, de cada uno de los elementos que componen un muro de contención en voladizo (vástago, pie y talón). Finalmente se ofrece el desarrollo de una herramienta computacional, la cual permite optimizar el análisis y diseño de este tipo de estructuras para diferentes zonas sísmicas y además permite variar las características del suelo y de los materiales de construcción que serán utilizados en el muro, adicionalmente y con base en los resultados obtenidos se proporciona una visión clara del incremento porcentual en las cantidades de material (acero y concreto), presentando como producto final un manual de diseño el cual esta conformado por las tablas y graficas de diseño obtenidas a partir de las combinaciones posibles de las variables tenidas en cuenta, y por las graficas de los incrementos porcentuales de los materiales de construcción.

---

\*Tesis de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas  
Escuela de Ingeniería Civil  
Director: Gustavo Chi Cho, Ing. Civil M.Sc. Ph.D.

## ABSTRACT

**TITLE: ANALYSIS OF THE INCREASE OF COSTS IN THE DESIGN OF RETAINING WALLS IN PROJECTION CONSIDERING THE SEISMIC EFFECT\***

**AUTHOR: JORGE FARYD DURAN JAIMES**

**HAURY RICARDO VARGAS HERNANDEZ\*\***

**KEY WORDS:** Retaining wall, Seismic Effect.

The present document contemplates initially the seismic analysis of retaining walls in projection, from the classic theories of evaluation of earth pressure considering variable such as the lifting capacity of the ground, the inclination of the filling and the existence of overload. Next a look to the theories more used in the analysis and seismic design of retaining walls occurs, showing its main characteristics and the usual form of application of these methods of design. Later one appears the analysis and design as a reinforced structure of concrete, of each one of the elements that compose a retaining wall in projection (piston rod, foot and heel). Finally the development of a computational tool is offered, which allows to optimize the analysis and design of this type of structures for different seismic zones and in addition allows to vary the characteristics of the ground and of the construction equipments which they will be used in the wall, additionally and with base in the obtained results a clear vision of the percentage increase in the amounts of material is provided (concrete and steel), presenting as end item a manual of design which this conformed by the tables and graphs of design obtained from the possible combinations of the variables considered, and by the graphs of the percentage increases of the construction materials.

---

\*Thesis of Grade

\*\* Physics-Mechanics Engineering Faculty  
Civil Engineering School  
Advisor: Gustavo Chi Cho, Ing. Civil, M.Sc. Ph.D.

## INTRODUCCION

Un muro de contención es una estructura construida con el propósito de contener, retener o proporcionar aislamiento lateral para el suelo o para otro material suelto. El material suelto retenido empuja contra el muro, tendiendo a volcarlo o desplazarlo. Los muros de contención se usan en muchos casos donde existen cambios abruptos en la pendiente del terreno. Quizás los ejemplos más obvios sean los cortes y terraplenes que se presentan a lo largo de vías carreteras o férreas. Con frecuencia se usan muros de contención en esos lugares para reducir las cantidades de relleno y corte, así como para reducir el ancho del derecho de vía requerido si se permitiera que los suelos tomaran sus pendientes naturales. Los muros de contención se usan en muchos otros casos, como en los estribos de puentes, los muros de sótanos y los alcantarillados.

El presente estudio considera las teorías tradicionales de Coulomb y Rankine para el cálculo de empujes del terreno sobre muros y los efectos causados por sobrecargas en el terreno, el conocimiento de los métodos de evaluación del empuje del terreno sobre el muro causado por acción sísmica bajo la hipótesis de desplazamientos despreciables (Mononobe y Okabe) y de desplazamientos controlados (Richards y Elms) , criterios para chequear la estabilidad de los muros y finalmente un procedimiento de diseño de muros de contención en voladizo considerado como una estructura normal de concreto reforzado. Estudio que se ha plasmado en el desarrollo de la hoja de cálculo para análisis y diseño de muros, la cual se ofrece como herramienta para el proyecto de un muro de contención en voladizo permitiendo hacer todas las consideraciones necesarias del caso y obtener resultados de diseño instantáneamente.

Se incluye un manual de diseño de muros de contención en voladizo en el cual se encontraran tablas donde se consignan dimensiones arquitectónicas del muro,

factores de seguridad, dimensiones del acero de refuerzo y su colocación, y una estimación de las cantidades de acero y concreto por metro lineal de muro; las cuales ofrecen soluciones completas para el diseño general de un muro en voladizo teniendo en cuenta diferentes casos de inclinación del terreno y capacidad de carga, así como la variación de la sobrecarga en el terreno y de los valores del coeficiente sísmico.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Realizar una evaluación del incremento en los costos del diseño de muros de contención cuando se considera el efecto sísmico.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Hacer un estudio de los métodos de análisis sísmico del terreno sobre muros para determinar cual de ellos es el más adecuado teniendo en cuenta las características del suelo.
- Examinar la influencia y la relación entre los parámetros que intervienen en los diferentes métodos de análisis y diseño sísmico de muros de contención.
- Plantear una metodología de diseño sismo resistente de muros de contención con base en la NSR-98, mediante la elaboración de un manual que considere la variación de las propiedades del suelos, las dimensiones de la estructura y la aceleración del suelo, obteniendo una relación optima entre la cantidad de materiales (peso acero/volumen concreto).

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. TIPOLOGIA GENERAL DE MUROS

Los muros son elementos constructivos cuya principal misión es servir de contención, bien de un terreno natural o bien de un relleno artificial; en los dos casos el ejemplo típico es el de un muro de sostenimiento de tierras. En las situaciones anteriores el muro trabaja fundamentalmente a flexión, siendo la compresión vertical debida a su peso propio generalmente despreciable.

#### 2.1.1. DESIGNACIONES

Tomando el caso más común de un muro de contención, emplearemos las designaciones que se indican en la Figura 1.

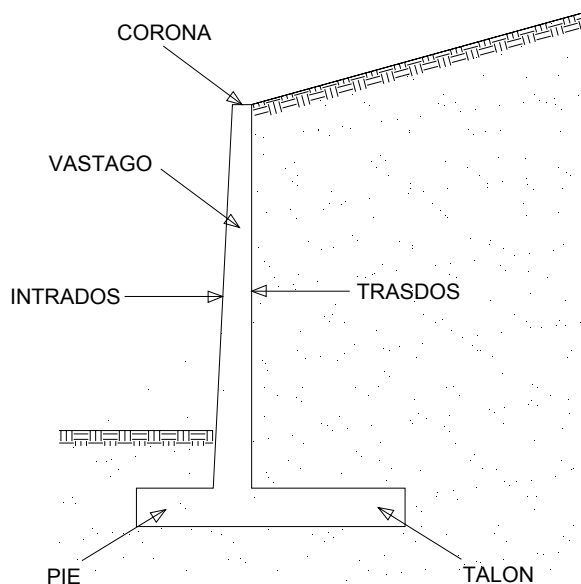


Figura 1: Designaciones empleadas en muros.

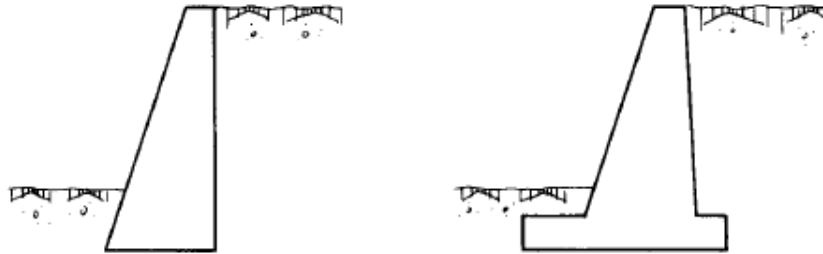
Un muro sin pie es de uso poco frecuente en edificaciones, un muro sin talón se usa cuando el terreno del trasdós es de propiedad ajena, en este caso el muro, además de los inconvenientes técnicos que esta forma encierra, arrastra otros de tipo constructivo, ya que el terreno puede no estar drenado, la impermeabilización del trasdós no suele ser posible y, por tanto, la impermeabilidad del muro será difícil de garantizar y el empuje del terreno puede ser de difícil evaluación.

## **2.1.2. TIPOLOGIA DE MUROS DE CONTENCIÓN**

Los tipos de muros de contención de uso más frecuente son:

### **2.1.2.1. Muros de gravedad.**

Muros de gravedad, son los que tienen en general un perfil trapezoidal y dependen principalmente de su peso propio para asegurar su estabilidad. Se construyen generalmente en hormigón o concreto ciclópeo y su ventaja fundamental es que no son reforzados, aunque se coloca una cuantía nominal de acero cerca de las caras expuestas para evitar la fisuración superficial provocada por los cambios de temperatura. Estos muros deben dimensionarse de tal manera que no haya esfuerzos de tracción en ninguna de las secciones; pueden ser muy económicos y ofrecen una solución interesante para alturas moderadas (hasta 3 ó 3.50 metros aproximadamente) si su longitud no es muy grande, pues en caso contrario representan una solución antieconómica frente a los muros de hormigón armado.



**Figura 2. Muros de gravedad.**

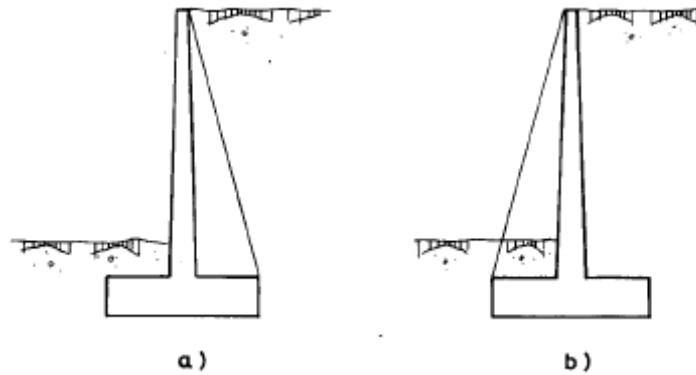
Fuente: Calavera (2001)

#### **2.1.2.2. Muros ménsula ó en voladizo.**

Son los muros de contención de uso más frecuente, y aunque su campo de aplicación depende de los costos de excavación, concreto, acero, encofrado y relleno, el cual se utiliza para asegurar su estabilidad, se puede pensar que constituyen la solución más económica para muros de hasta 10 m de altura, se construyen en concreto reforzado cuyos perfiles comunes son en T o en L, los cuales están compuestos por un alma y una losa ó base de concreto, siendo los dos elementos relativamente esbeltos y totalmente reforzados para resistir los momentos y cortantes a los cuales están sujetos (Figura 1).

#### **2.1.2.3. Muros de contrafuertes.**

Representan una evolución de los muros en voladizo. Al crecer la altura, y por ende los espesores de concreto, compensa aligerar las piezas con la solución de los contrafuertes, aunque conlleva un reforzamiento y encofrado más complicados y un vaciado más difícil.



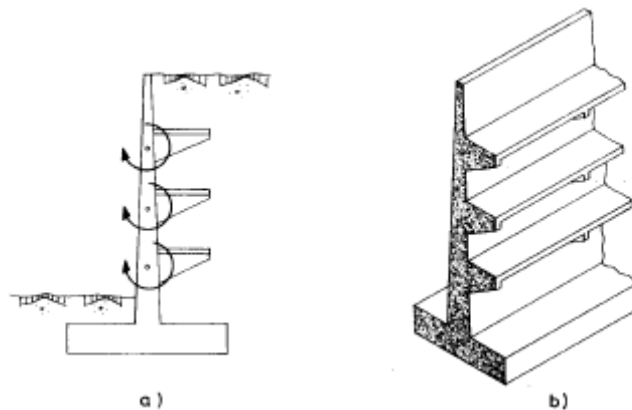
**Figura 3. Muros con contrafuertes.**

Fuente: Calavera (2001)

Los contrafuertes pueden disponerse en el trasdós (Figura 3a) o en el intradós (Figura 3b), aunque la primera solución es técnica y económicamente mejor por colocarse el alzado en la zona comprimida de la sección en T que se forma. La segunda solución, además, presenta un claro inconveniente estético.

#### **2.1.2.4. Muros de bandejas.**

En los muros de bandejas se pretende contrarrestar parte del momento flector que se ha de resistir mediante la colocación de bandejas a distinta altura en las que se producen unos momentos de sentido contrario, debidos a la carga del propio relleno sobre las bandejas (Figura 4).



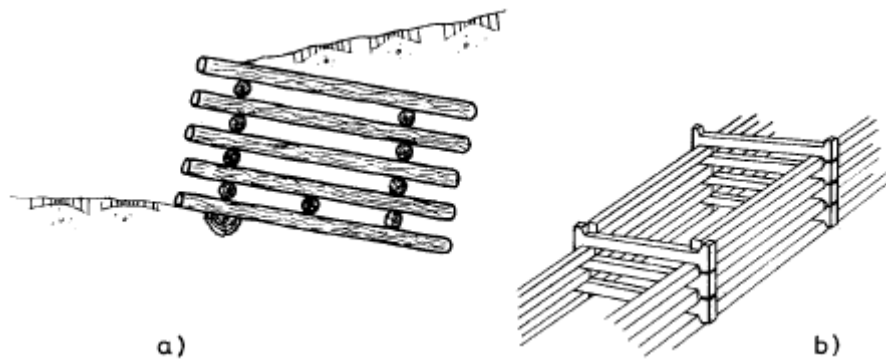
**Figura 4: Muros de bandejas**

Fuente: Calavera (2001)

Su inconveniente fundamental radica en la complejidad de su construcción. Puede representar una solución alternativa al muro de contrafuertes para grandes alturas, en los que para resistir el momento flector se aumenta el canto y se aligera la sección colocando los contrafuertes.

#### 2.1.2.5. Muros cribas y otros muros prefabricados.

El concepto de muro criba (Figura 5) de piezas prefabricadas tiene su origen en muros análogos realizados con troncos de árboles. El sistema emplea piezas prefabricadas de hormigón de muy diversos tipos que forman una red espacial que se rellena con el propio suelo.



**Figura 5: Muros cribas.**

Fuente: Calavera (2001)

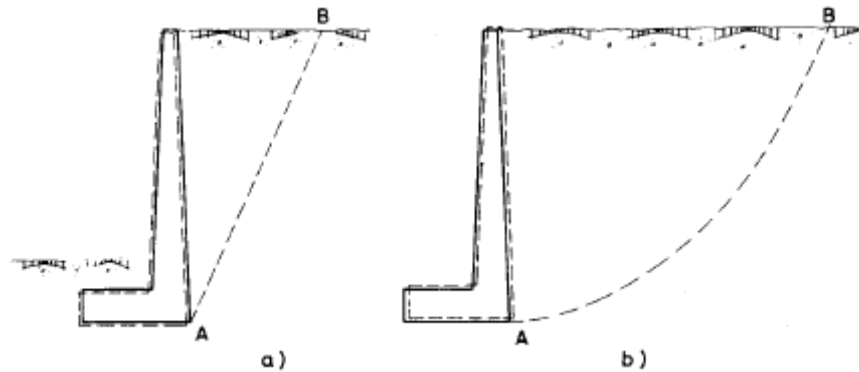
## 2.2. EMPUJES DEL TERRENO SOBRE LOS MUROS

La presión del terreno sobre un muro está fuertemente condicionada por la deformabilidad del muro, entendiéndose por tal no sólo la deformación que el muro experimenta como elemento de concreto, sino también la que produce en el muro la deformación del terreno de cimentación.

En la interacción entre el muro y el terreno sobre el que cimenta, puede ocurrir que las deformaciones sean prácticamente nulas, diciéndose que la masa de suelo se encuentra en estado de reposo y se está en el caso de *empuje al reposo*. Algunos muros de gravedad y de sótano pueden encontrarse en ese caso.

Si el muro se desplaza, permitiendo la expansión lateral del suelo, se produce un fallo por corte del suelo, y la cuña de rotura avanza hacia el muro y desciende. El empuje se reduce desde el valor del empuje al reposo hasta el denominado valor de *empuje activo*, que es el mínimo valor posible del empuje (figura 6a).

Por el contrario, si se aplican fuerzas al muro de forma que éste empuje al relleno, el fallo se produce mediante una cuña mucho más amplia, que experimenta un ascenso. Este valor recibe el nombre de *empuje pasivo* y es el mayor valor que puede alcanzar el empuje. Por tanto, el empuje al reposo es de valor intermedio entre el empuje activo y el empuje pasivo (figura 6b).



**Figura 6: Empujes del terreno sobre muros**

Fuente: Calavera (2001).

### **2.2.1. EMPUJE ACTIVO**

Existen diversas teorías para la determinación del empuje activo, entre las que se destacan las debidas a Coulomb y Rankine. En ambas teorías se establecen diversas hipótesis simplificativas del problema, que conducen a cierto grado de error, pero producen valores de empuje que están dentro de los márgenes de seguridad.

Mediante el uso de estas teorías se pueden calcular los empujes del terreno con razonable precisión en el caso de suelo granulares. Para otros tipos de suelo la precisión es poco satisfactoria.

### 2.2.1.1. Presión Activa: Teoría de Coulomb

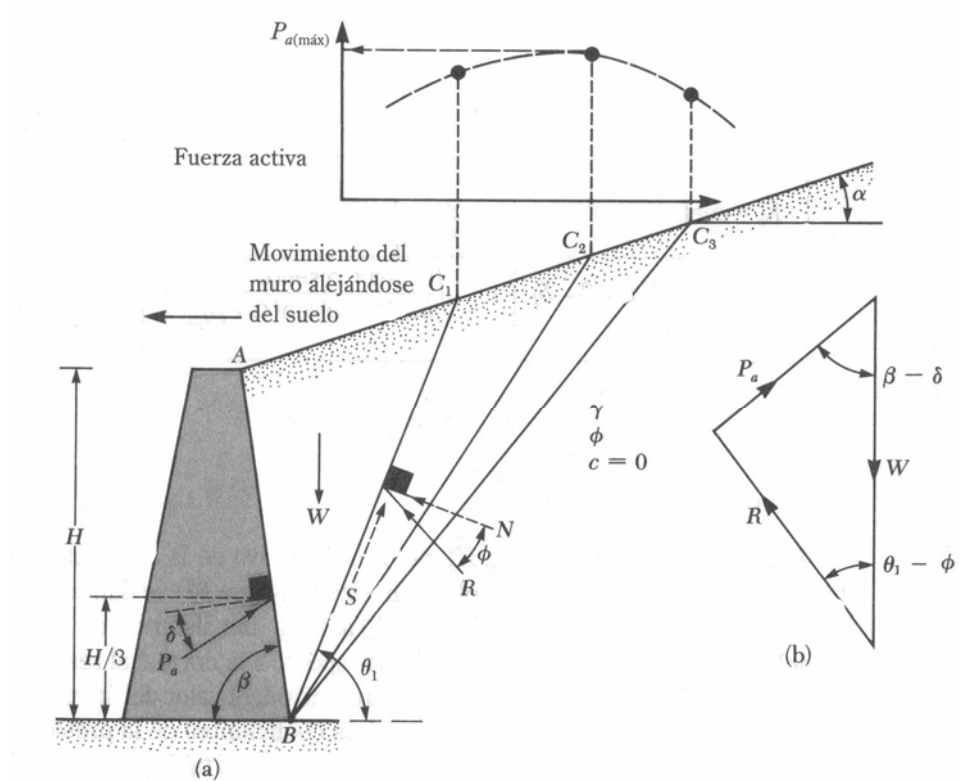


Figura 7: Presión activa de coulomb

Fuente: Braja (1999).

En 1776, Coulomb propuso una teoría para calcular la presión lateral de tierra sobre un muro de contención con relleno de suelo granular, tomando en cuenta la fricción del muro.

Para aplicar la teoría de la presión activa de Coulomb, se considera un muro de contención con inclinación del trasdós a un ángulo  $\beta$  respecto a la horizontal, como muestra la figura 7. El relleno es un suelo granular que se inclina un ángulo  $\alpha$  con la horizontal y  $\delta$  es el ángulo de fricción entre el suelo y el muro (es decir el ángulo de fricción del muro).

Bajo presión activa, el muro se moverá alejándose de la masa de suelo. Coulomb propuso que, en tal caso, la superficie de falla en el suelo sería un plano (por ejemplo,  $BC_1, BC_2, \dots$ ). Entonces, para hallar la fuerza activa se considera una cuña de falla de suelo  $ABC_1$ . Las fuerzas que actúan sobre la cuña  $ABC_1$  (por unidad de longitud en ángulo recto a la sección mostrada), son las siguientes:

1. El peso  $W$  de la cuña.
2. La resultante,  $R$ , de las fuerzas normales y cortantes resistentes a lo largo de la superficie  $BC_1$ . La fuerza  $R$  esta inclinada un ángulo  $\phi$  respecto a la normal de la superficie.
3. La fuerza activa por longitud unitaria de muro,  $P_a$ . La fuerza  $P_a$  estará inclinada un ángulo  $\delta$  respecto a la normal al respaldo del muro.

Para fines de equilibrio, un triangulo de fuerza se dibuja como se muestra en la figura tal. Donde  $\phi_1$  es el ángulo que  $BC_1$  forma con la horizontal. Como la magnitud de  $W$  así como las direcciones de las tres fuerzas son conocidas, el valor de  $P_a$  ahora es determinado. Similarmente, las fuerzas activas de otras cuñas de prueba, tales como las  $ABC_2, ABC_3, \dots$  se determinan. El valor máximo de  $P_a$  así calculado es la fuerza activa de Coulomb, que se expresa como:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2 \quad (2.1)$$

$$\text{donde } K_a = \frac{\text{SEN}^2(\beta + \phi)}{\text{SEN}^2 \beta \cdot \text{SEN}(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{SEN}(\phi + \delta) \cdot \text{SEN}(\phi - \alpha)}{\text{SEN}(\beta - \delta) \cdot \text{SEN}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

La línea de acción de la resultante  $P_a$  actúa a una distancia de  $H/3$  arriba de la base del muro y esta inclinada un ángulo  $\delta$  respecto a la normal al respaldo del muro.

En el diseño práctico de muros de contención, el valor del ángulo de fricción  $\delta$ , se supone con un valor entre  $\frac{\phi}{2}$  y  $\frac{2}{3}\phi$ .

### 2.2.1.2. Presión Activa: Teoría de Rankine

La teoría de Rankine para el cálculo de empujes en terrenos granulares se basa en las hipótesis de que el terreno presenta superficie libre plana y está en el llamado *estado Rankine*, en el cual presenta dos series de superficies planas de rotura, formando ángulos de  $45 + \frac{\phi}{2}$  con la horizontal.

Para el caso particular de trasdós vertical, las componentes  $P_h$  y  $P_v$  de la presión a profundidad  $z$  vienen dadas por las expresiones:

$$\left. \begin{aligned} E_h &= \gamma \cdot Z \cdot \lambda'_h \\ E_v &= \gamma \cdot Z \cdot \lambda'_v \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

siendo

$$\left. \begin{aligned} \lambda'_h &= \cos^2 \alpha \cdot \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \\ \lambda'_v &= \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \end{aligned} \right\}$$

El empuje varía linealmente con la profundidad y sus valores vienen dados por:

$$\left. \begin{aligned} P_h &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \lambda'_h \\ P_v &= \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \lambda'_v \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

ubicando su resultante a una profundidad de  $\frac{2}{3}H$  desde la coronación del muro.

Obsérvese que si además de  $\beta = 90^\circ$  (trasdós vertical) se supone  $\alpha = \delta$  y además  $\alpha = \delta = 0$ , se tiene:

$$\left. \begin{aligned} \lambda'_h &= \frac{1 - \text{SEN}\phi}{1 + \text{SEN}\phi} \\ \lambda'_v &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Es decir, que la teoría de Coulomb para trasdós vertical y superficie de terreno de ángulo  $\alpha$  igual al de rozamiento del terreno con el muro  $\delta$ , conduce al mismo valor del empuje que la de Rankine ( $\beta = 90^\circ$  y  $\alpha = \delta$ ). Ambas teorías coinciden en el caso particular de que el talud del relleno sea horizontal y el ángulo de rozamiento terreno – muro sea cero ( $\beta = 90^\circ$  y  $\alpha = \delta = 0$ ).

La presión activa se expresa entonces como:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \quad (2.5)$$

$$\text{con } K_a = \text{COS}^2\alpha \cdot \frac{\text{COS}\alpha - \sqrt{\text{COS}^2\alpha - \text{COS}^2\phi}}{\text{COS}\alpha + \sqrt{\text{COS}^2\alpha - \text{COS}^2\phi}}$$

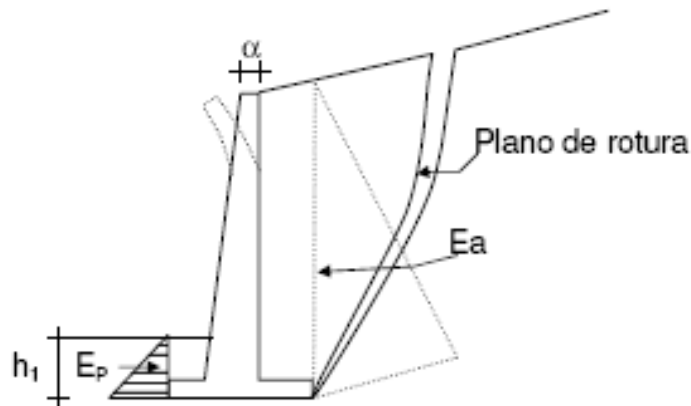
El análisis anterior se extiende a un relleno inclinado con un suelo  $c - \tilde{\phi}$ . La presión activa se calcularía de la siguiente manera:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K'_a \quad (2.6)$$

donde

$$K'_a = \frac{1}{\cos^2 \phi} \left( \frac{2 \cos^2 \alpha + 2 \left( \frac{c}{\gamma H} \right) \cos \phi \cdot \text{SEN} \phi}{-\sqrt{4 \cos^2 \alpha \cdot (\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi) + 4 \left( \frac{c}{\gamma H} \right)^2 \cos^2 \phi + 8 \left( \frac{c}{\gamma H} \right) \cos^2 \alpha \cdot \cos \phi \cdot \text{SEN} \phi}} \right) - 1$$

### 2.2.2. EMPUJE PASIVO



**Figura 8: Empuje Pasivo**

Fuente: Calavera (2001)

Además de este empuje activo, que es el efecto de la tierra sobre el muro, hay lugar a veces para considerar el llamado empuje pasivo que es el efecto del muro sobre la tierra; tal es el caso del esquema anterior (figura 8): el muro al desplazarse en una cantidad  $\alpha$  comprime o empuja la tierra que se halla a su

izquierda; esta tierra opone resistencia a esta compresión que es precisamente el empuje pasivo  $E_p$ .

### 2.2.2.1. Presión Pasiva: Teoría de Coulomb

Coulomb también presentó un análisis para determinar la presión pasiva de la tierra (es decir, cuando el muro se mueve hacia la masa de suelo) en muros con fricción ( $\delta$  = ángulo de fricción del muro) que retienen un material granular de relleno.

La presión pasiva de Coulomb se expresa como:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot K_p \quad (2.7)$$

Donde

$$K_p = \frac{\text{SEN}^2(\beta - \phi)}{\text{SEN}^2 \beta \cdot \text{SEN}(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{SEN}(\phi + \delta) \cdot \text{SEN}(\phi + \alpha)}{\text{SEN}(\beta + \delta) \cdot \text{SEN}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

La presión pasiva resultante  $P_p$ , actúa a una distancia  $H/3$  desde el fondo del muro y esta inclinada un ángulo  $\delta$  respecto a la normal de la espalda del muro.

### 2.2.2.2. Presión Pasiva: Teoría de Rankine

Para un muro de contención vertical sin fricción con un relleno granular ( $c = 0$ ), la presión pasiva de Rankine a cualquier profundidad se determina de manera similar a como se realiza en el caso de la presión activa.

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot K_p \quad (2.8)$$

donde  $K_p = \text{TAN}^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$

Si no se considera inclinación  $\alpha$  del terreno, ó

$$K_p = \text{COS}\alpha \cdot \frac{\text{COS}\alpha + \sqrt{\text{COS}^2\alpha - \text{COS}^2\phi}}{\text{COS}\alpha - \sqrt{\text{COS}^2\alpha - \text{COS}^2\phi}}$$

si igual que en el caso de la presión activa, la resultante  $P_p$ , está inclinada a un ángulo  $\alpha$  con la horizontal y cruza el muro a una distancia  $H/3$  desde el fondo del muro.

Si el relleno del muro de contención vertical sin fricción es un suelo  $c - \phi$ , entonces:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot K_p + 2c\sqrt{K_p}D \quad (2.9)$$

donde  $K_p = \text{TAN}^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$

Si se considera la inclinación  $\alpha$  del terreno, entonces:

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot K'_p \quad (2.10)$$

donde

$$K'_p = \frac{1}{\cos^2\phi} \left( \frac{2\cos^2\alpha + 2\left(\frac{c}{\gamma D}\right)\cos\phi \cdot \text{SEN}\phi}{+ \sqrt{4\cos^2\alpha \cdot (\cos^2\alpha - \cos^2\phi) + 4\left(\frac{c}{\gamma D}\right)^2 \cos^2\phi + 8\left(\frac{c}{\gamma D}\right)\cos^2\alpha \cdot \cos\phi \cdot \text{SEN}\phi}} \right) - 1$$

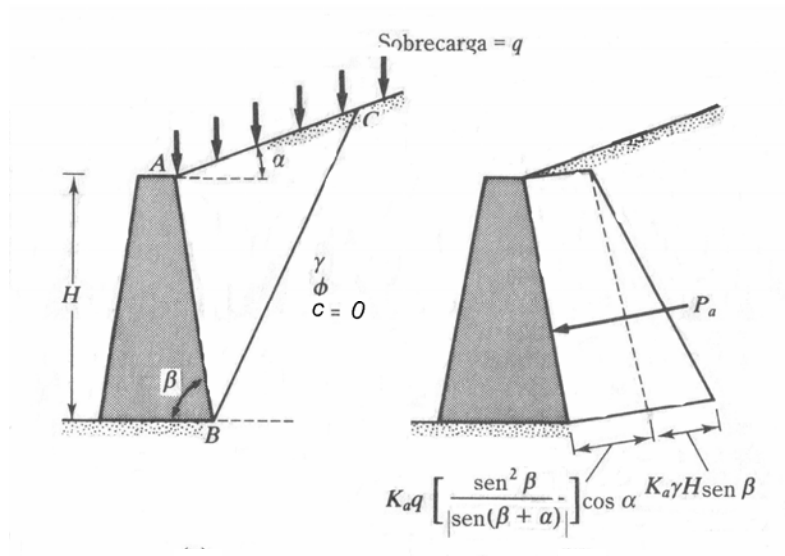
### 2.2.3. EMPUJE PRODUCIDO POR SOBRECARGAS EN EL TERRENO

Con frecuencia se presenta el caso de que el relleno detrás de un muro de contención está sometido a una sobrecarga (por ejemplo una carretera); esa sobrecarga causa un empuje adicional sobre el muro que se considera constante, lo mismo que en el caso de una sobre presión aplicada a un líquido.

Si una sobrecarga uniforme de intensidad  $q$  está localizada sobre el relleno, como se muestra en la figura 9, la presión activa de Coulomb se calcula como

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma_{eq} H^2 \quad (2.11)$$

donde  $\gamma_{eq} = \gamma + \left( \frac{\text{SEN}\beta}{\text{SEN}(\beta + \alpha)} \right) \cdot \left( \frac{2q}{H} \right) \cdot \cos\alpha$



**Figura 9: Caso de sobrecarga en el terreno**

Fuente: Braja (1999)

La teoría de Rankine para el cálculo de la presión activa no considera los efectos en el empuje debidos a una sobrecarga en el terreno sobre los muros.

#### 2.2.4. EMPUJE PRODUCIDO POR LA ACCION SISMICA

Los empujes dinámicos de suelos sobre estructuras de contención generalmente se determinan mediante un análisis pseudo-estático (Mononobe, 1929; Okabe, 1926). Este procedimiento considera desplazamientos prácticamente nulos en el muro, haciendo necesaria una revisión de sus variables.

Existen procedimientos que permiten estimar el desplazamiento de estribos o muros de contención durante un terremoto (Seed, 1970; Richards, 1979; Elms, 1979; Nadim, 1983). Estos procedimientos permiten establecer un coeficiente sísmico de diseño  $K_h$  que se introduce en el análisis de Mononobe-Okabe, que

considere un desplazamiento horizontal aceptable (Musante, 1984; Nadim, 1983; Terzariol, 1987).

Puede admitirse que el sistema se comporta plásticamente una vez alcanzado un cierto nivel de la aceleración del suelo sobre el que se apoya la estructura, deslizando sin que crezca su resistencia. El tratamiento se limita al comportamiento de estructuras localizadas por encima del nivel freático y que sostienen suelos no cohesivos.

#### **2.2.4.1. METODOS APLICADOS**

Se han desarrollado diferentes hipótesis para el diseño sísmico de muros de contención y dentro de las mismas aparecen diversos métodos.

La diferencia entre las hipótesis radica fundamentalmente en permitir desplazamientos del muro durante el evento sísmico. A su vez dentro de cada hipótesis se han desarrollados metodologías simplificadas para calcular los empujes bajo acciones sísmicas.

##### **2.2.4.1.1. MUROS CON DESPLAZAMIENTOS RESTRINGIDOS: FORMULACIÓN DE MONONOBE Y OKABE**

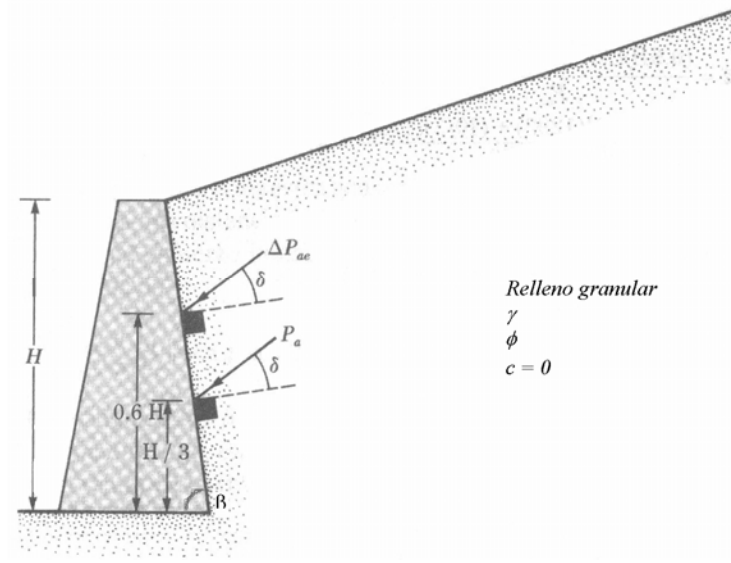
La evaluación del empuje activo dinámico de suelo requiere de un análisis complejo que considera la interacción suelo-estructura. Para ello, algunos autores han adoptado hipótesis simplificativas, considerando el relleno como material granular no saturado, fundación indeformable, admitiendo que la cuña de suelo es un cuerpo rígido y que los desplazamientos laterales son despreciables.

Con estas limitaciones Okabe (1926) y luego Mononobe (1929), formularon una teoría sobre el comportamiento de una cuña que se desliza sobre un plano de falla actuando sobre un muro de contención (Coulomb, 1776). La formulación consiste en introducir fuerzas de inercia generadas en la cuña deslizante con una serie de hipótesis (Tabla 1) a través de un coeficiente sísmico horizontal y otro vertical, representativo del terremoto, que multiplicados por el peso de la cuña dan como resultado dos acciones adicionales a las consideradas por la teoría estática de Coulomb.

<b>Característica</b>	<b>Hipótesis</b>
Desplazamiento del muro	1/1000 a 5/1000 de la altura en la parte superior
Tipo de suelo	Granular, no saturado
Cuña de suelo	Comportamiento rígido-plástico Sólido rígido Aceleraciones inducidas uniformes
Superficie de falla	La superficie de falla del relleno es plana y pasa por el pie del muro
Efectos de borde	El muro es lo suficientemente largo como para despreciar los efectos de borde
Aceleración	Uniforme en toda la cuña deslizable

**Tabla 1: Consideraciones del método Mononobe - Okabe**

Este método pseudo-estático consiste en determinar el empuje activo dinámico ( $K_{ae}$ ), planteando el problema como se muestra en la Figura 10.



**Figura 10: Presión activa considerando efecto sísmico**

Fuente: Braja (1999).

El empuje activo dinámico ( $P_{ae}$ ) responde a la expresión:

$$P_{ae} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 - C_{sv}) \cdot K_{ae} \quad (2.12)$$

Donde  $\gamma$  es el peso unitario del suelo de relleno,  $H$  la altura de muro de contención,  $C_{sv}$  el coeficiente sísmico vertical y  $K_{ae}$  el coeficiente de empuje activo dinámico.

siendo

$$K_{ae} = \frac{\text{SEN}^2(\phi + \beta - \theta')}{\text{COS} \theta' \text{SEN}^2 \beta \cdot \text{SEN}(\beta - \theta' - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{SEN}(\phi + \delta) \text{SEN}(\phi - \theta' - \alpha)}{\text{SEN}(\beta - \delta - \theta') \text{SEN}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$\theta' = \text{ARCTAN} \left[ \frac{C_{sh}}{1 - C_{sv}} \right]$$

donde  $C_{sh}$  es el coeficiente sísmico horizontal.

El coeficiente sísmico suele escogerse como la mitad o un tercio de la aceleración de pico del terreno en unidades g.

Algunos valores del coeficiente sísmico horizontal en consonancia con lo indicado por diversos autores son: Terzaghi (1950) sugirió originalmente el uso de  $Cs_h = 0.1$  para terremotos severos, 0.2 para terremotos violentos destructivos y 0.5 para terremotos catastróficos. El Cuerpo de Ingenieros americano para la gran mayoría de los terremotos recomienda un coeficiente de 0.1, que se aumenta a 0.15 para los mayores terremotos.

A la ecuación (2.12) se le conoce como la solución de *Mononobe – Okabe*. La resultante de la presión de la tierra en esta situación no actúa a una distancia  $H/3$  desde el fondo del muro. El procedimiento siguiente se usa para obtener la localización de la fuerza resultante  $P_{ae}$ :

1. Calcular  $P_{ae}$  usando la ecuación (2.12)
2. Calcular  $P_a$  usando la ecuación (1.10) o (1.11), según sea el caso
3. Calcular  $\Delta P_{ae} = P_{ae} - P_a$
4. Suponer que  $P_a$  actúa a una distancia  $H/3$  desde el fondo del muro (figura 10)
5. Suponer que  $\Delta P_{ae}$  actúa a una distancia  $0.6H$  desde el fondo del muro (figura 10)
6. Calcular la localización de la resultante con la expresión:

$$\bar{z} = \frac{(0.6H)(\Delta P_{ae}) + \left(\frac{H}{3}\right)(P_a)}{P_{ae}} \quad (2.13)$$

Los resultados de este método pueden considerarse conservadores si se tiene en cuenta que estructuras de contención que no verifican según este método, no han

volcado durante sismos severos. Ello se debe a que se produjeron desplazamientos en los muros sin que los mismos salieran de servicio.

#### **2.2.4.1.2. MUROS CON DESPLAZAMIENTOS CONTROLADOS**

Si en el método de análisis de Mononobe (1929) – Okabe (1926) se utilizan aceleraciones del suelo pico, muchas veces las estructuras de sostenimiento resultantes serán excesivamente grandes. Para lograr una estructura más económica puede ser preferible diseñar para un pequeño desplazamiento admisible en lugar de diseñar para desplazamientos nulos.

Existen estructuras, como estribos de puentes o muros, que no poseen restricciones significativas al desplazamiento o giro. En estos casos estos desplazamientos, siempre que no interfieran con otras estructuras o instalaciones, resultan en empujes dinámicos menores que los obtenidos para desplazamientos restringidos.

El desplazamiento total que sufre una estructura de contención no restringida a causa de acciones sísmicas, se produce en forma incremental. Esto es, por acumulación de pequeños desplazamientos producidos por etapas (Terzariol, 1987).

Considerando un muro de contención sometido a un movimiento sísmico, cuando la aceleración del suelo está dirigida hacia el relleno, las fuerzas de inercia actúan hacia afuera tendiendo a desplazar al muro en este último sentido.

Para un cierto valor de la aceleración, se produce el estado límite de las fuerzas resistentes en la base de la estructura y el muro se desplaza hacia afuera con

relación a la base, y la situación es de empuje activo. Por el contrario, si la aceleración del suelo está dirigida hacia fuera, las fuerzas de inercia iniciales están dirigidas hacia adentro, y la situación es de empuje pasivo solicitando fuerzas muy elevadas para producir la falla del suelo. Terzariol (1987) plantea el modelo como una situación de resistencia no simétrica, ya que bajo acciones sísmicas sólo resultan posibles desplazamientos en la dirección hacia afuera del relleno.

La descripción anterior representa una modelación simplificada del fenómeno; sin embargo, la observación de ensayos y situaciones reales tienden a confirmar el comportamiento de falla incremental. Ante el modelo de comportamiento indicado, es posible aplicar el procedimiento desarrollado por Newmark (1965) para el cálculo de desplazamientos de presas. Este procedimiento considera un bloque rígido que permanece sobre una superficie rugosa, plana y horizontal, sujeta a una sollicitación sísmica. Se admite que cuando se supera la resistencia friccional, el bloque puede moverse solamente en una dirección con una aceleración constante (comportamiento rígido-plástico).

Richards y Elms (1979), a partir del criterio de Newmark (1965) para bloques deslizantes, desarrollaron un procedimiento para la estimación de desplazamientos y el diseño de muros, considerando que constituyen un sistema dúctil (rígido-plástico) y que puede aceptar desplazamientos permanentes de algunos centímetros.

Resulta interesante destacar que el valor del desplazamiento permanente total depende de los parámetros característicos del movimiento del suelo y del coeficiente sísmico horizontal  $Cs_h$  que se adopte para la estructura. Es decir que las características del muro o estribo están implícitamente contenidas en el valor de  $Cs_h$ , que por otra parte, está representando la resistencia al deslizamiento. A partir de la posibilidad de predecir el desplazamiento se pueden desarrollar

procedimientos de diseño basados en la adopción de un desplazamiento aceptable para el movimiento del muro.

### 2.2.4.1.3. METODO DE RICHARDS Y ELMS

El procedimiento desarrollado por Richards y Elms (1979) puede sintetizarse en los siguientes pasos:

1. Adoptar un valor aceptable del máximo desplazamiento  $d_R$ . Este valor deberá resultar compatible con la respuesta requerida de la estructura en función de los niveles de aceptación que se adopten.
2. Seleccionar valores apropiados de la aceleración máxima  $A_g$  y de la velocidad máxima  $V$  que caracterizan la acción sísmica.
3. Determinar el coeficiente sísmico horizontal límite  $Cs_h$  que representa la resistencia al deslizamiento con que debe diseñarse el muro.

$$\frac{Cs_h}{A} = \left( \frac{0.087 \cdot V^2}{d_R \cdot A_g} \right)^{0.25} \quad (2.14)$$

4. Utilizar el valor de  $Cs_h$  así determinado para evaluar los empujes activos del suelo y de las fuerzas de inercia derivadas del peso de la estructura. Para la determinación del empuje activo del suelo se recomienda el empleo de la fórmula de Mononobe (1929) y Okabe (1926).



Considerando  $\gamma_1$  como el peso específico del suelo de relleno y  $\gamma_2$  como el peso específico del suelo bajo la base

El factor de seguridad al volteo (*FSV*) respecto al punto C en la figura, se expresa como:

$$FSV = \frac{\sum M_R}{\sum M_A} \quad (2.15)$$

donde  $\sum M_R$  = suma de los momentos de las fuerzas que tienden a resistir el volteo respecto al punto C

$\sum M_A$  = suma de los momentos de la fuerzas que tienden a volcar el muro respecto al punto C

El momento de volteo es:

$$\sum M_A = P_a \cdot \cos\delta \cdot \left(\frac{H}{3}\right) \quad (2.16)$$

Para el cálculo del momento resistente,  $\sum M_R$  (despreciando  $P_p$ ), se prepara una tabla (como la tabla 2). El peso del suelo de relleno y el peso del concreto son fuerzas que contribuyen al momento resistente. La componente vertical de la presión activa  $P_a \cdot \cos\delta$  también contribúyela momento resistente.

El momento de la componente vertical de la presión activa con respecto a C es:

$$M_V = P_a \cdot \text{SEN} \delta \cdot B \quad (2.17)$$

donde  $B$  es el ancho de la losa de base.

**Tabla 2: Secciones, fuerzas y momentos**

Sección	Área	Peso/m	Brazo de momento Medido desde C	Momento Respecto a C
1	$A_1$	$W_1 = \gamma_c \cdot A_1$	$X_1$	$M_1$
2	$A_2$	$W_2 = \gamma_c \cdot A_2$	$X_2$	$M_2$
3	$A_3$	$W_3 = \gamma_c \cdot A_3$	$X_3$	$M_3$
4	$A_4$	$W_4 = \gamma_1 \cdot A_4$	$X_4$	$M_4$
5	$A_5$	$W_5 = \gamma_1 \cdot A_5$	$X_5$	$M_5$
		$P_a \cdot \text{SEN} \delta$	$B$	$M_V$
		$\Sigma F_V$		$\Sigma M_R$

Una vez conocido el valor de  $\Sigma M_R$ , el factor de seguridad se calcula como

$$FSV = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_A} \geq FSV_{adm} = 2$$

El valor usual para el  $FSV_{adm}$  es de 2.

### 2.3.2. Revisión por deslizamiento

El factor de seguridad contra el deslizamiento ( $FSD$ ) se expresa por la ecuación

$$FSD = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_A} \quad (2.18)$$

donde  $\sum F_R$  = suma de las fuerza horizontales resistentes  
 $\sum F_A$  = suma de las fuerzas horizontales de empuje

$$\sum F_R = \sum F_V \cdot \text{TAN}(\phi_2) + P_p \quad (2.19)$$

donde  $\phi_2$  = ángulo de fricción del suelo bajo la base

$$\sum F_A = P_a \cdot \text{COS} \delta \quad (2.20)$$

En general se requiere un factor de seguridad de 1.5 contra deslizamiento.

$$FSD = \frac{\sum F_R}{\sum F_A} \geq FSD_{adm} = 1.5$$

En algunos casos, ciertos muros no dan un factor de seguridad deseado de 1.5. Para incrementar su resistencia se usa un espolón en la base.

### 2.3.3. Revisión por capacidad de carga

La presión vertical, tal como es transmitida al suelo por la losa de base del muro de retención, debe revisarse contra la capacidad de carga última del suelo. La naturaleza de la presión vertical transmitida por la losa de base al suelo se muestra en la figura 11.

Las magnitudes de  $\sigma_{PIE}$  y  $\sigma_{TALON}$  se determinan de la siguiente manera:

$$\sigma_{PIE,TALON} = \frac{\sum F_V}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (2.21)$$

Donde  $\sum F_V$  = suma de todas las fuerzas verticales  
 $e$  = excentricidad de la resultante de fuerzas

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_A}{\sum F_V} \quad (2.22)$$

Nótese que  $\sum F_V$  incluye el peso del suelo, como se mostró en la tabla 2, y que cuando el valor de la excentricidad  $e$  es mayor que  $B/6$ ,  $\sigma_{TALON}$  resulta negativa. Entonces se tendrá algún esfuerzo de tensión en el extremo de la sección del talón; el esfuerzo no es deseable porque la resistencia a tensión del suelo es muy pequeña. Si el análisis de un diseño muestra que  $e > B/6$ , el diseño debe rehacerse y determinar nuevas dimensiones.

La revisión por capacidad de carga requiere que  $\sigma_{PIE,TALON} \leq \sigma_{adm}$  donde  $\sigma_{adm}$  está dado por las condiciones del suelo.

### 3. DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO

Para diseñar apropiadamente un muro de contención, se deben conocer los parámetros básicos del suelo, es decir, el peso específico, el ángulo de fricción y la cohesión del suelo retenido detrás del muro y del suelo debajo de la losa de la base. Conocer las propiedades del suelo detrás del muro permite determinar la distribución de la presión lateral necesaria para el diseño.

Se lleva a cabo un procedimiento para el diseño de los muros de contención:

1. Dimensionamiento
2. Cálculo de presiones sobre el muro
3. Chequeo de estabilidad
4. Diseño estructural

A continuación se llevará a cabo el diseño de un muro de contención en voladizo a manera de ejemplo<sup>1</sup>, con el cual se mostrará el procedimiento anteriormente mencionado.

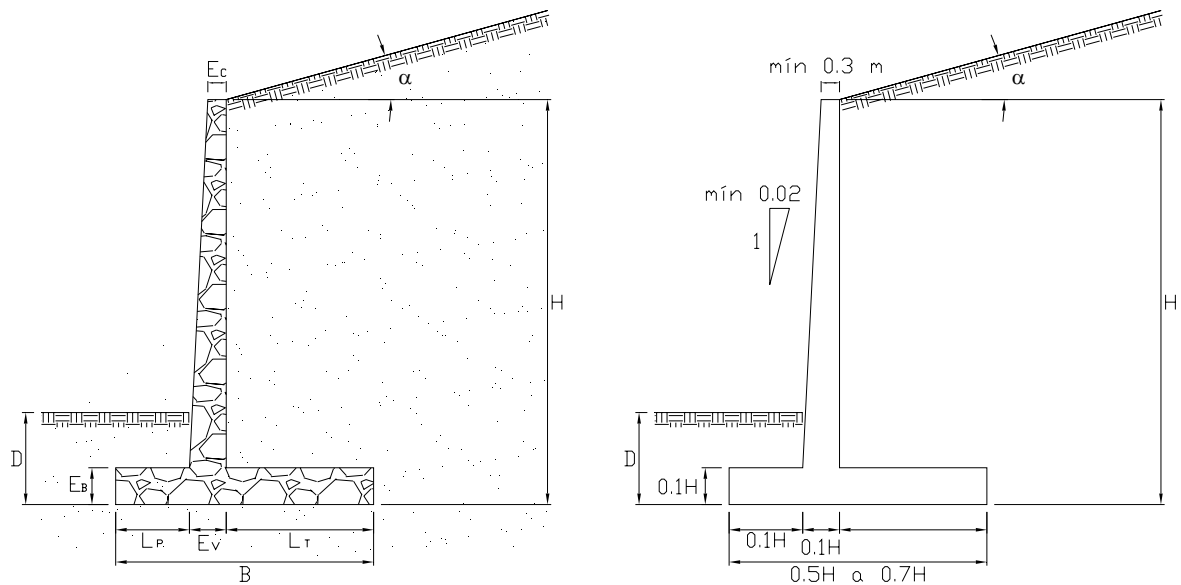
Problema:

Diseñar un muro de contención en voladizo para una altura de 4.50 metros determina a partir de las cotas arquitectónicas del proyecto y de la necesidad de cimentar el muro sobre un estrato apropiado. El relleno contenido será un material seleccionado susceptible de ser compactado, sometido a una sobrecarga de 10 KN/m<sup>2</sup> y de las siguientes características según estudio de suelos correspondiente: peso unitario  $\gamma = 18 \text{ KN/m}^3$ , ángulo de fricción interno  $\phi = 30^\circ$  y factor de empuje activo  $K_a = 1/3$  para talud  $\alpha$  horizontal. El terreno de fundación es, también de acuerdo al estudio arriba citado, de la misma naturaleza que el

material de relleno y con las siguientes características adicionales: capacidad de carga  $\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$ . Utilizar concreto de  $f'c = 21.1 \text{ Mpa}$  y refuerzo para  $f_y = 240 \text{ Mpa}$ .

### 3.1. DIMENSIONAMIENTO

Al diseñar muros de contención, se deben suponer algunas de las dimensiones, lo que se llama proporcionamiento o dimensionamiento, lo cual permite revisar las secciones de prueba por estabilidad. Si el chequeo por estabilidad genera resultados no deseados, las secciones se deben cambiar y se vuelven a chequear. La figura 12 muestra las proporciones generales de un muro de contención en voladizo usadas para hacer las revisiones iniciales.



**Figura 12: Dimensiones generales para muros en voladizo**

Según las proporciones generalmente usadas para muros de contención en voladizo (figura 12) se tiene que:

$$H = 4.50m$$

$$B = 0.6H = 3.00m$$

$$E_V = 0.1H = 0.45m$$

$$E_B = 0.1H = 0.45m$$

$$E_c = 0.30m(\text{mín})$$

$$L_p = 0.1H = 0.45 \cong 1.00m$$

$$L_T = B - L_p - E_V = 3 - 1 - 0.45 = 1.55m$$

$$D = E_B + 0.50 = 0.95m(\text{supuesto})$$

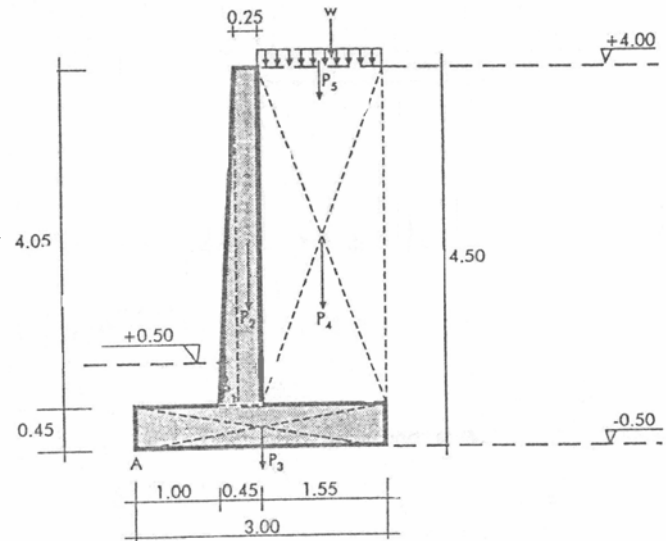


Figura 13: Proporciones usadas para el problema

Fuente: Segura (1999)

### 3.2. CALCULO DE PRESIONES SOBRE EL MURO

Debido a que el problema presenta sobrecarga en el terreno y este es un relleno granular ( $c = 0$ ) se utilizará la teoría de Coulomb (1776) para determinar las presiones activa y pasiva que ejerce el terreno sobre el muro.

Presión Activa

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma_{eq} H^2$$

$$\gamma_{eq} = \gamma + \left( \frac{SEN\beta}{SEN(\beta + \alpha)} \right) \cdot \left( \frac{2q}{H} \right) \cdot COS\alpha$$

$$\gamma_{eq} = 18 + \left( \frac{\text{SEN}90^\circ}{\text{SEN}(90^\circ+0^\circ)} \right) \cdot \left( \frac{2 \cdot 10}{4.5} \right) \cdot \text{COS}0^\circ = 22.44 \text{ KN} / \text{m}^3$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot 0.33 \cdot 22.44 \cdot 4.5^2 = 75.75 \text{ KN} / \text{m}$$

Presión Pasiva

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot D^2 \cdot K_p$$

$$K_p = \frac{\text{SEN}^2(\beta - \phi)}{\text{SEN}^2 \beta \cdot \text{SEN}(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{SEN}(\phi + \delta) \cdot \text{SEN}(\phi + \alpha)}{\text{SEN}(\beta + \delta) \cdot \text{SEN}(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

$$K_p = \frac{\text{SEN}^2(90^\circ - 30^\circ)}{\text{SEN}^2 90^\circ \cdot \text{SEN}(90^\circ + 0^\circ) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{SEN}(30^\circ + 0^\circ) \cdot \text{SEN}(30^\circ + 0^\circ)}{\text{SEN}(90^\circ + 0^\circ) \cdot \text{SEN}(0^\circ + 0^\circ)}} \right]^2} = 3.00$$

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot 18 \cdot 0.95^2 \cdot 3 = 24.37 \text{ KN} / \text{m}$$

### 3.3. CHEQUEO DE ESTABILIDAD

#### 3.3.1. Volteo

Evaluación de las cargas verticales y sus momentos con respecto al punto A (figura 13)

**Tabla 3: Evaluación de fuerzas resistentes**

Sección	Área	Peso/m	Brazo de momento medido desde C	Momento respecto a C
1	0.5*0.20*4.05*1.00	7.29	1.10	8.02
2	0.25*4.05*1.00	29.16	1.30	37.91
3	0.45*3.00*1.00	32.40	1.50	48.60
4	1.55*4.05*1.00	113.00	2.23	251.41
F <sub>q</sub>	1.55*1.00	15.50	2.23	34.49
	$\Sigma F_V =$	<b>197.35</b>	$\Sigma M_R =$	<b>380.43</b>

**Tabla 4: Evaluación de fuerzas actuantes**

Sección	Área	Peso/m	Brazo de momento medido desde C	Momento respecto a C
		75.75* $\text{COS}0^\circ$	1.62	123.02
	$\Sigma F_A =$	<b>75.75</b>	$\Sigma M_R =$	<b>123.02</b>

Se calcula el factor de seguridad al volteo

$$FSV = \frac{\sum M_R}{\sum M_A} = \frac{380.43}{123.02} = 3.09 \geq 2 \Rightarrow \text{OK}$$

### 3.3.2. Deslizamiento

$$\sum F_R = \sum F_V \cdot \text{TAN}(k_1 \phi_2) + P_p = 197.35 \cdot \text{TAN}(30^\circ) + 24.37 = 138.31 \text{KN}$$

$$\sum F_A = P_a \cdot \text{COS} \delta = 75.75 \text{COS} 0^\circ = 75.75 \text{KN}$$

$$FSD = \frac{\sum F_V}{\sum F_A} = \frac{138.31}{75.75} = 1.83 > 1.5 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

Puede presentarse la situación en la cual el  $FSD$  (factor de seguridad por deslizamiento) sea menor que el  $FSD_{adm}$ , caso en que el muro fallará por deslizamiento.

La solución al problema de deslizamiento del muro esta en la construcción de un “espolón”, el redimensionamiento de alguna de las componentes del muro o incrementando la presión pasiva.

Para efectos del presente análisis se descartará la colocación de un “espolón” en la base del muro.

### 3.3.3. Capacidad de carga

Obtenidos ya los valores de:  $\sum F_V$ ,  $\sum M_R$  y  $\sum M_A$ , se procede a calcular el valor de la excentricidad  $e$ , las magnitudes de  $q_{PIE}$  y  $q_{TALON}$  y el valor de la carga última  $q_u$ , entonces:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_A}{\sum F_V} = \frac{3}{2} - \frac{380.43 - 123.02}{88.50} = 0.196 \Rightarrow \text{CUMPLE} \text{ (cae dentro del}$$

tercio medio de la base)

$$\sigma_{PIE,TALON} = \frac{\sum F_V}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

$$\sigma_{PIE} = \frac{88.50}{3} \left( 1 + \frac{6 \cdot 0.196}{3} \right) = 91.52 \text{ KN / m}^2$$

$$\sigma_{TALON} = \frac{88.50}{3} \left( 1 - \frac{6 \cdot 0.196}{3} \right) = 40.05 \text{ KN / m}^2$$

$$\sigma_{PIE} = 91.52 \text{ KN / m}^2 \leq \sigma_{adm} = 100 \text{ KN / m}^2 \Rightarrow \text{OK}$$

$$\sigma_{TALON} = 40.05 \text{ KN / m}^2 \leq \sigma_{adm} = 100 \text{ KN / m}^2 \Rightarrow \text{OK}$$

### 3.4. DISEÑO ESTRUCTURAL

Se tiene en cuenta el muro como una estructura de concreto reforzado, por lo cual se consideran el vástago, el pie y el talón como tres voladizos, sometidos a esfuerzos cortantes y esfuerzos de flexión.

#### 3.4.1. Consideraciones

A continuación se presentan las expresiones utilizadas para análisis y diseño de elementos de concreto reforzado sometidos a esfuerzo cortante y flexión, las cuales pueden ser tomada de cualquier libro de concreto reforzado.

##### 3.4.1.1. Cortante

Esfuerzo cortante resistido por el concreto: 
$$\phi v_c = \frac{0.85 \sqrt{f'c}}{6} \quad (3.1)$$

donde  $f'c$  es la resistencia del concreto en MPa

Esfuerzo cortante último: 
$$v_u = \frac{V_u}{b \cdot d} \quad (3.2)$$

donde  $V_u$  es la fuerza cortante máxima mayorada  
 $b$  es la base de la sección transversal del elemento (1.00 m)  
 $d$  es la altura efectiva de la sección transversal del elemento

Chequeo por cortante: 
$$v_u = \frac{V_u}{b \cdot d} \leq \phi v_c = \frac{0.85 \sqrt{f'c}}{6} \quad (3.3)$$

### 3.4.1.2. Flexión

Momento nominal: 
$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (3.4)$$

donde  $M_u$  es el momento máximo mayorado  
 $\phi$  es el coeficiente de flexión igual a 0.9

Cuantía de acero: 
$$\rho = 0.85 \cdot \frac{f'c}{F_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_n}{0.85 f'c \cdot b \cdot d^2}} \right) \quad (3.5)$$

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

Si  $\rho \leq \rho_{\min} \Rightarrow usar \rho_{\min}$

Área de acero: 
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (3.6)$$

### 3.4.1.3. Cuantías mínimas de acero

Según la NSR-98 en el C.14.3. REFUERZO MINIMO:

C.14.3.2. La cuantía mínima para refuerzo vertical, calculada sobre el área bruta de concreto es 0.0012 para barras corrugadas con  $F_y$  menor o igual a 420Mpa

C.14.3.3. La cuantía mínima para refuerzo horizontal, calculada sobre el área bruta de concreto es de 0.0020 para barras corrugadas con  $F_y$  menor o igual a 420Mpa

### 3.4.2. Diseño del Vástago

Se evalúan las cargas horizontales que actúan a lo largo del vástago (figura 14). Estas corresponden a la suma de la presión activa y al efecto de la sobrecarga.

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.33 \cdot 18 \cdot 4.05^2 = 49.208 \text{KN} \text{ (Presión activa)}$$

$$P_q = w K_a H = 10 \cdot 0.33 \cdot 4.05 = 13.5 \text{KN} \text{ (Efecto de la sobrecarga)}$$

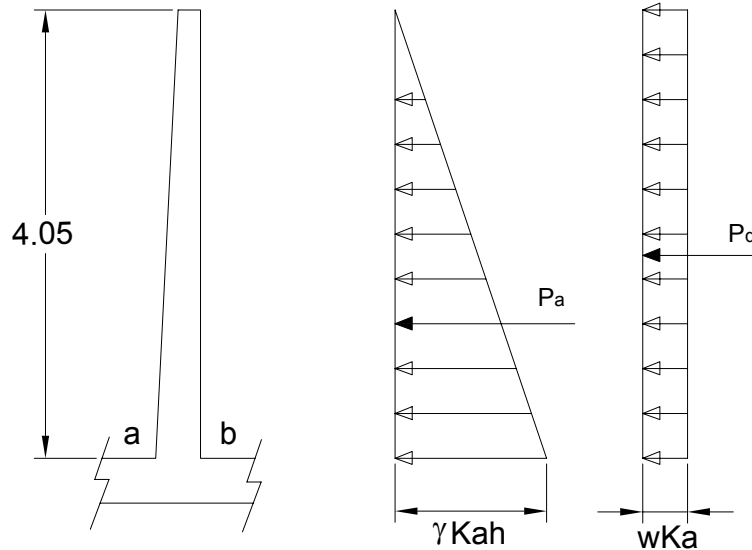


Figura 14: Cargas que actúan en el vástago

Cortante:  $V_{a-b} = P_a + P_p = 49.208 + 13.5 = 62.71KN$

$$V_u = 1.7 * 62.71 = 106.60KN$$

$$v_u = \frac{106.60}{1.00 * 0.37} = 280.53KN / m^2$$

$$\phi v_c = 649.20KN / m^2$$

$$v_v < \phi v_c \Rightarrow \text{OK}$$

Flexión:  $M_{a-b} = 49.208 * \frac{4.05}{3} + 13.5 * \frac{4.05}{2} = 93.77KN.m$

$$\phi M_n = 1.7 * 93.77 = 159.41KN.m$$

$$\rho = 0.0053 < \rho_{\min} = 0.0058 \Rightarrow \text{Usar } \rho_{\min}$$

$$A_{sv_{TRASDOS}} = 0.0058 * 100 * 37 = 21.46cm^2 \text{ (Vertical)}$$

$$A_{sv_{INTRADOS}} = 0.0012 * 100 * 45 = 5.40cm^2 \text{ (Vertical)}^1$$

$$A_{s_h} = 0.0020 * 100 * 45 = 9.00cm^2 \text{ (Horizontal)}^2$$

Refuerzo:

- Armadura Vertical (por metro lineal)

Acero en el Trasdoso ( $A_{sv_{TRASDOS}}$ ): usar **5 barras N°8 @ 21 cm.**

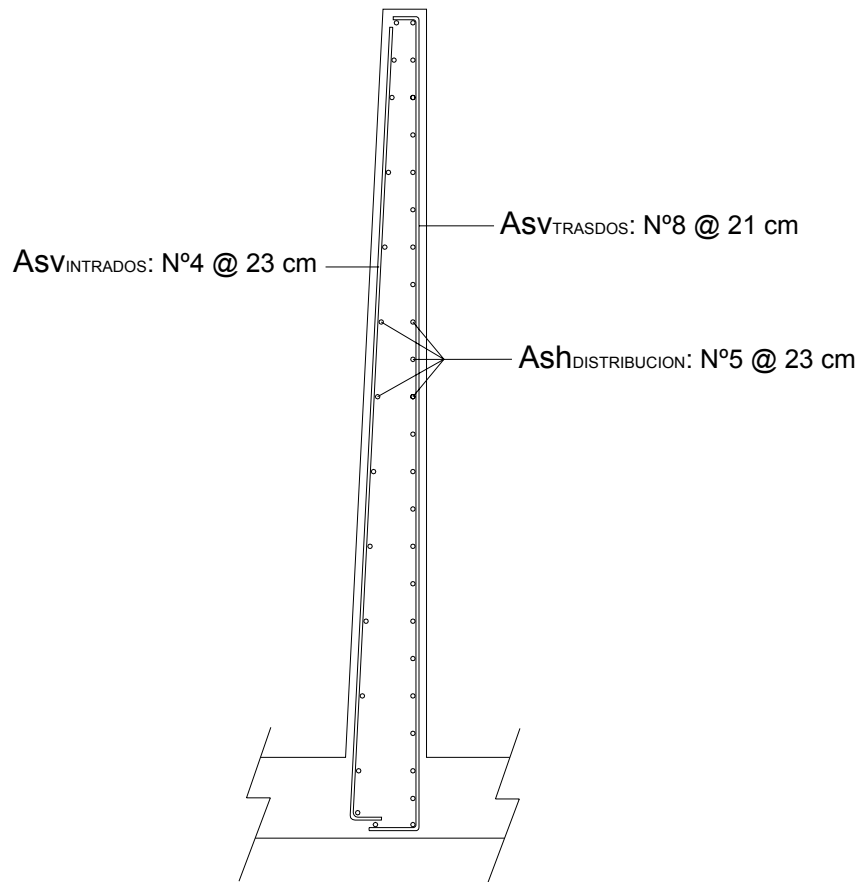
Acero en el Intrados ( $A_{sv_{INTRADOS}}$ ): usar **5 barras N°4 @ 23 cm.**

- Armadura Horizontal (por metro lineal)

Acero de distribución ( $A_{sh_{DISTRIBUCION}}$ ): usar barras **N°5 @ 23 cm.**

---

<sup>2</sup> Según NSR-98 en el C.14.3. REFUERZO MINIMO



**Figura 15: Esquema del refuerzo en el vástago**

### 3.4.3. Diseño del Pie

El pie del muro estará sometido a la situación de cargas mostrada en la figura 16.

Por lo tanto la flexión de esta voladizo será hacia arriba con la armadura de tracción abajo.

Para la flexión y el cortante se resta del diagrama de reacciones del terreno el peso propio del pie del muro.

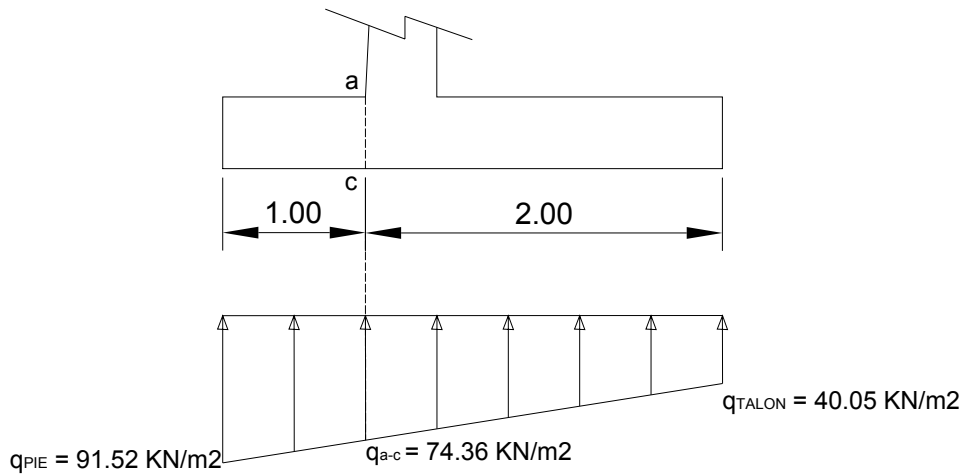


Figura 16: Esquema de cargas en el pie

Se calcula el esfuerzo  $q_{a-c}$  en el voladizo del pie, como:

$$q_{a-c} = 40.05 + \frac{91.52 - 40.05) \cdot 2}{3} = 74.36 \text{ KN} / \text{m}^2$$

Cortante:  $V_{a-c} = \frac{1}{2}(91.52 + 74.36) \cdot 1.00 - 0.45 \cdot 1.00 \cdot 24 = 72.14 \text{ KN}$

$$V_u = 1.7 \cdot 72.14 = 122.64 \text{ KN}$$

$$v_u = \frac{122.64}{1.00 \cdot 0.37} = 331.45 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$\phi v_c = 649.20 \text{ KN} / \text{m}^2$$

$$v_v < \phi v_c \Rightarrow \text{OK}$$

Flexión:  $M_{a-c} = 74.36 \cdot 1.00 \cdot \frac{1.00}{2} + \frac{1}{2}(91.52 - 74.36) \cdot 1.00 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1.00 = 37.50 \text{ KN.m}$

$$\phi M_n = 1.7 \cdot 37.50 = 63.75 \text{ KN.m}$$

$$\rho = 0.0022 < \rho_{\min} = 0.0058 \Rightarrow \text{usar } \rho_{\min}$$

$$A_{S_{PIE}} = 0.0058 \cdot 100 \cdot 37 = 21.46 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{DISTRIBUCION}} = 0.0020 \cdot 100 \cdot 45 = 9.00 \text{ cm}^2$$

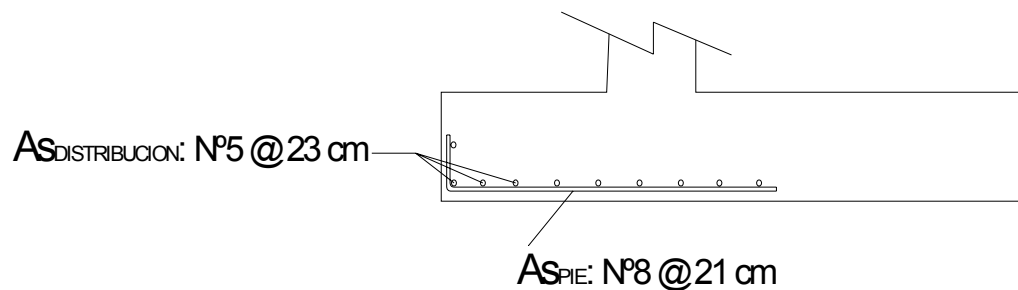
Refuerzo:

- Armadura Longitudinal (por metro lineal)

Acero en el pie ( $A_{S_{PIE}}$ ): usar **5 barras N°8 @ 21 cm.**

- Armadura transversal

Acero de distribución ( $A_{S_{DISTRIBUCION}}$ ): usar barras **N°5 @ 23 cm.**



**Figura 17: Esquema de refuerzo en el pie**

### 3.4.4. Diseño del Talón

El talón estará sometido a la situación de cargas mostrada en la figura 18, predominando muy probablemente las cargas del relleno hacia abajo, por lo que la flexión de este voladizo será hacia abajo, con armadura de tracción arriba.

Se calcula el esfuerzo  $q_{b-d}$  en el voladizo del talón, como:

$$q_{b-d} = 40.05 + \frac{(91.52 - 40.05) \cdot 1.55}{3} = 66.64 \text{ KN} / \text{m}^2$$

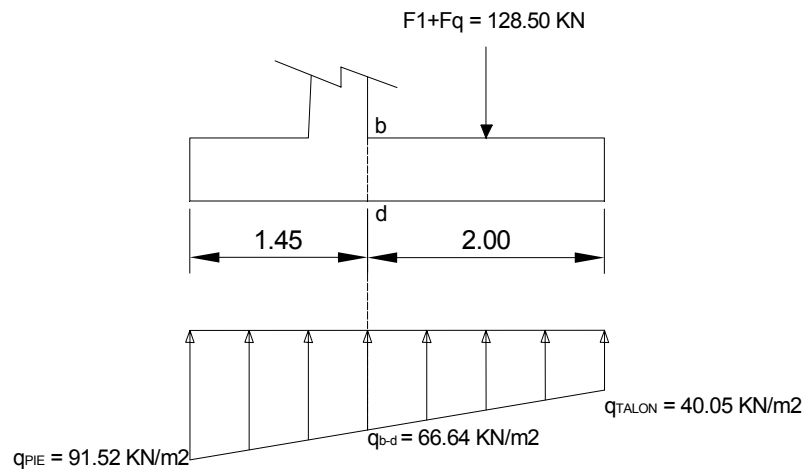


Figura 18: esquema de cargas en el talón

$$\text{Cortante: } V_{b-d} = 128.50 - \left[ \frac{1}{2} (66.64 + 40.05) \cdot 1.55 - 0.45 \cdot 1.55 \cdot 24 \right] = 65.55 \text{ KN}$$

$$V_u = 1.7 \cdot 65.55 = 106.34 \text{ KN}$$

$$v_u = \frac{106.34}{1.00 \cdot 0.37} = 287.41 \text{KN/m}^2$$

$$\phi v_c = 649.20 \text{KN/m}^2$$

$$v_v < \phi v_c \Rightarrow \text{OK}$$

Flexión:

$$M_{b-d} = 128.50 \cdot \frac{1.55}{2} - \left( \frac{40.05 \cdot 1.55^2}{2} + \frac{1}{2} (66.64 - 40.05) \cdot \frac{1.55^2}{3} - 0.45 \cdot 24 \cdot \frac{1.55^2}{2} \right) = 53.80 \text{KN.m}$$

$$\phi M_n = 1.7 \cdot 53.80 = 91.47 \text{KN.m}$$

$$\rho = 0.0031 < \rho_{\min} = 0.0058 \Rightarrow \text{usar } \rho_{\min}$$

$$A_{S_{TALON}} = 0.0058 \cdot 100 \cdot 37 = 21.46 \text{cm}^2$$

$$A_{S_{DISTRIBUCION}} = 0.0020 \cdot 100 \cdot 45 = 9.00 \text{cm}^2$$

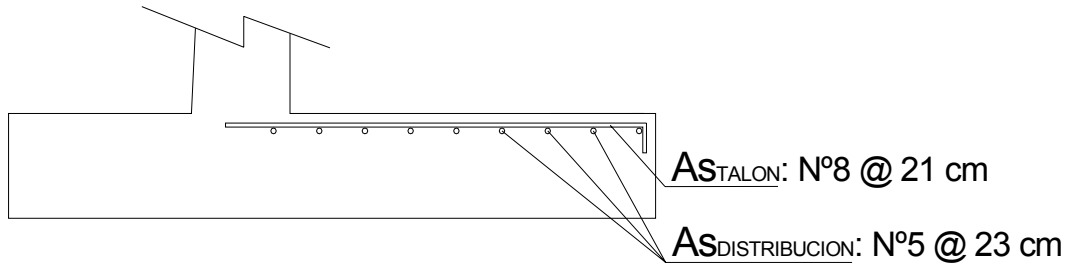
Refuerzo:

- Armadura Longitudinal (por metro lineal)

Acero en el talón ( $A_{S_{TALON}}$ ): usar **5 barras N°8 @ 21 cm.**

- Armadura transversal

Acero de distribución ( $A_{S_{DISTRIBUCION}}$ ): usar barras **N°5 @ 23 cm.**



**Figura 19: Esquema de refuerzo en el talón**

## 4. DISEÑO DE MUROS EN VOLADIZO USANDO LA HOJA DE CÁLCULO MURVOL\_V1.xls

La hoja de cálculo MURVOL\_V1.xls fue desarrollada con el fin de ofrecer al usuario una herramienta para el prediseño o diseño de muros de contención en voladizo.

Esta hoja de cálculo utiliza la Teoría de Coulomb (1776) para la evaluación de los empujes del terreno sobre los muros y consideración de efectos de sobrecarga y el método de Mononobe – Okabe en el caso en que los muros requieran ser diseñados bajo acción sísmica.

### 4.1. Requisitos

- Conocer parámetros propios del suelo como: el peso específico ( $\gamma$ ), ángulo de fricción del suelo ( $\phi$ ), ángulo de fricción del muro ( $\delta$ ), inclinación del terreno ( $\alpha$ ), capacidad de carga admisible ( $\sigma_{adm}$ ) y el coeficiente sísmico horizontal ( $C_s$ ).
- Establecer los valores de los factores de seguridad admisibles: al volteo ( $F_{SV_{adm}}$ ) y al deslizamiento ( $F_{SD_{adm}}$ ).
- Fijar los materiales a utilizar y sus propiedades, como: El peso específico del concreto ( $\gamma_c$ ), la resistencia del concreto ( $f'_c$ ) y la resistencia del acero ( $F_y$ ).

## 4.2. Proceso

### 1. Entrada de datos

Se registran los datos de entrada, tales como: propiedades del terreno, propiedades de los materiales y factores de seguridad admisibles, también se ingresan las cargas externas (sobrecarga y/o cargas vivas).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>									
2										
3	<b>PROPIEDADES DEL SUELO:</b>				$\gamma_1 =$	18	KN/m <sup>3</sup>	$\sigma_{adm} =$	200	KN/m <sup>2</sup>
4					$\gamma_2 =$	18	KN/m <sup>3</sup>	$FSV_{adm} =$	2	
5					$\phi =$	30	°	$FS_{Dadm} =$	1,5	
6					$\phi_2 =$	30	°	$C_s H =$	0,1	
7					$\alpha =$	10	°	$C_s V =$	0	
8					$\beta =$	90	°			
9					$\delta =$	20	°			
10					$c_2 =$	0				
11					$\mu =$	0,58				
12										
13										
14	<b>PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:</b>				$\gamma_o =$	24	KN/m <sup>3</sup>			
15					$F_y =$	4,2E+08	Pa			
16					$f'_c =$	2,1E+07	Pa			
17										
18										
19										
20	<b>GEOMETRIA DEL MURO:</b>				<b>CALCULADOS</b>		<b>ASUMIDOS</b>			
21					H =	8	m			
22					B =	4,80		5,40	m	
23					D =	2,00		1,15	m	
24					E <sub>v</sub> =	0,80		0,80	m	
25					E <sub>B</sub> =	0,80		0,75	m	
26					L <sub>P</sub> =	0,80		1,90	m	
27					L <sub>T</sub> =	2,70		2,70	m	
28					x =	0,02		0,02		
29					E <sub>c</sub> =	0,66		0,65	m	

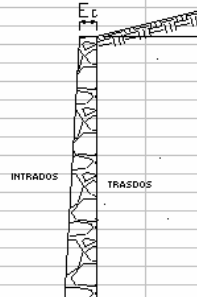


Figura 20: Entrada de datos

### 2. Dimensionamiento

Se ingresa como dato la altura requerida del muro y se calculan ciertos valores para las demás dimensiones del muro (valores sugeridos), pero el usuario está en libertad de asumir las dimensiones que crea convenientes.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>						
17							
18	<b>GEOMETRIA DEL MURO:</b>				<b>CALCULADOS</b>		<b>ASUMIDOS</b>
19					H =	4,5	m
20					B =	2,70	3,00 m
21					D =	1,13	1,40 m
22					E <sub>v</sub> =	0,45	0,45 m
23					E <sub>B</sub> =	0,45	0,45 m
24					L <sub>P</sub> =	0,45	1,00 m
25					L <sub>T</sub> =	1,55	1,55 m
26					α =	0,02	0,02
27					E <sub>c</sub> =	0,37	0,30

Figura 21: Dimensiones del muro

### 3. Empujes del terreno sobre el muro

Se calculan los valores de la presión activa y presión pasiva utilizando la Teoría de Coulomb, considerando efectos de sobrecarga según sea el caso y efectos de la acción sísmica mediante el método de Mononobe –Okabe.

	A	B	C	D	E	F
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>					
35						
36						
37	<b>PRESION ACTIVA:</b>				K <sub>a</sub> =	0,333
38					K <sub>ae</sub> =	0,333
39					γ <sub>Eqv</sub> =	22,444 KN/m <sup>3</sup>
40					P <sub>a</sub> =	75,750 KN/m
41					P <sub>ae</sub> =	75,750 KN/m
42					P <sub>v</sub> =	0,000 KN/m
43					P <sub>h</sub> =	75,750 KN/m
44					z =	1,50 m
45						
46	<b>PRESION PASIVA:</b>				K <sub>p</sub> =	3,000
47					P <sub>p</sub> =	52,920 KN/m
48						

Figura 22: calculo de los empujes del terreno sobre el muro

### 4. Chequeos de estabilidad del muro

Aquí se calculan los factores de seguridad al volteo, al deslizamiento y por capacidad de carga, debidos a las fuerzas que actúan sobre el muro: las fuerzas

resistentes (debido al peso propio) y las fuerzas actuantes (debido a la sobrecarga y efectos sísmicos).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>								
47									
48	<b>CHEQUEO DE ESTABILIDAD:</b>			<b>SECCION</b>	<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>PESO (KN/m)</b>	<b>DISTANCIA A C (m)</b>	<b>MOMENTO (KI'm)</b>	
49				1	4,71	113,10	2,38	268,61	
50				2	4,05	97,20	2,70	262,44	
51				3	0,64	11,57	4,50	52,06	
52				4	19,58	352,35	4,05	1427,02	
53				5	0,54	13,05	2,00	26,10	
54				W <sub>L</sub>		0,00	2,30	0,00	
55				P <sub>v</sub>		109,19	5,40	589,64	
56				F <sub>q</sub>		54,83	4,05	222,07	
57					<b>ΣF<sub>v</sub> =</b>	<b>751,29</b>	<b>ΣM<sub>R</sub> =</b>	<b>2847,95</b>	<b>RESISTENTES</b>
58									
59				P <sub>h</sub>		300,01	3,13	938,34	
60					<b>ΣF<sub>H</sub> =</b>	<b>300,01</b>	<b>ΣM<sub>A</sub> =</b>	<b>938,34</b>	<b>ACTUAENTES</b>
61									
62	<b>VOLTEO:</b>			FSV =	3,04	<b>CUMPLE</b>			
63									
64	<b>DESPLAZAMIENTO:</b>			FSD =	1,565	<b>CUMPLE</b>			
65									
66	<b>CAPACIDAD DE CARGA:</b>			e =	0,158	<b>CUMPLE</b>			
67									
68				σ <sub>PIE</sub> =	163,59	KN/m <sup>2</sup>			
69				σ <sub>TALON</sub> =	114,67	KN/m <sup>2</sup>			
70									
71				σ <sub>te</sub> =	163,582	<b>CUMPLE</b>			
72									

Figura 23: chequeos de estabilidad del muro

## 5. Análisis Estructural

En esta sección se analizan los elementos independientemente como voladizos. Se realiza un chequeo por resistencia a cortante y flexión en varios puntos de la longitud total del elemento, se calculan las cuantías de acero requeridas y se comparan con las mínimas, con base en la cuantía seleccionada se calcula el área de acero requerida y se dimensiona el acero de refuerzo en cuanto a barras a utilizar y separación entre estas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>															
84																
85																
86	<b>ANÁLISIS ESTRUCTURAL:</b>															
87																
88	<b>VASTAGO:</b>															
89	h = 4,05 m															
90	bw = 1,00 m															
91	d = 0,38 m															
92																
93	<b>CORTANTE:</b>															
94	Pa = 43,208 KN															
95	Pq = 13,500 KN															
96	Vmuero = 62,708 KN															
97	Vu = 106,603 KN															
98	¶vc = 643,198 KN/m <sup>2</sup>															
99	vu = 280,534 KN/m <sup>2</sup>															
100	<b>CUMPLE</b>															
101																
102	<b>FLEXION:</b>															
103	Mmuero = 33,768 KN·m															
104	¶Ma = 153,405 KN·m															
105	p = 0,00530															
106	p± = 0,00583															
107	As = 22,17 cm <sup>2</sup> /m															
108																
109	<b>SECCION</b>															
110	h (m)	Vmuero (KN)	Vu (KN)	¶vc (KN/m <sup>2</sup> )	v± (KN/m <sup>2</sup> )											
111	H'	4,05	0,000	0,000	643,198	0,000	<b>CUMPLE</b>									
112	0,75H'	3,04	6,450	10,366	643,198	28,857	<b>CUMPLE</b>									
113	0,5H'	2,03	19,052	32,385	643,198	85,232	<b>CUMPLE</b>									
114	0,25H'	1,01	37,604	64,267	643,198	163,124	<b>CUMPLE</b>									
115	0,0H'	0,00	62,708	106,603	643,198	280,534	<b>CUMPLE</b>									
116																
117	<b>DISEÑO DEL TRASDOS - ARMADURA VERTICAL (Asv)</b>															
118	<b>SECCION</b>															
119	h (m)	Mmuero (KN·m)	¶Ma (KN·m)	p	p±	As (cm <sup>2</sup> /m)	¶Ma	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8				
120	H'	4,05	0,000	0,000	0,00000	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
121	0,75H'	3,04	2,747	4,669	0,00015	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
122	0,5H'	2,03	15,138	25,735	0,00083	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
123	0,25H'	1,01	43,403	73,784	0,00240	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
124	0,0H'	0,00	33,768	153,405	0,00530	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
125	<b>DISEÑO DEL INTRADOS - ARMADURA VERTICAL (Asv)</b>															
126	<b>OPCIONES DE REFUERZO</b>															
127	As (cm <sup>2</sup> /m)	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8									
128	5,40	13	23	47	36	35	8									

Figura 24: Análisis y diseño del vástago

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
138	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>															
139																
140	<b>PIE:</b>															
141	h = 4,05 m															
142	bw = 1,00 m															
143	d = 0,37 m															
144																
145	<b>CORTANTE:</b>															
146	Vpie = 72,139 KN															
147	Vu = 122,637 KN															
148	¶vc = 643,198 KN/m <sup>2</sup>															
149	vu = 331,451 KN/m <sup>2</sup>															
150	<b>CUMPLE</b>															
151																
152	<b>FLEXION:</b>															
153	Mpie = 37,439 KN·m															
154	¶Ma = 63,743 KN·m															
155	p = 0,00219															
156	p± = 0,00583															
157	As = 21,59 cm <sup>2</sup> /m															
158																
159	<b>SECCION</b>															
160	h (m)	Vmuero (KN)	Vu (KN)	¶vc (KN/m <sup>2</sup> )	v± (KN/m <sup>2</sup> )											
161	H'	1,00	0,000	0,000	643,198	0,000	<b>CUMPLE</b>									
162	0,75H'	0,75	22,343	37,984	643,198	39,957	<b>CUMPLE</b>									
163	0,5H'	0,50	32,914	35,784	643,198	146,901	<b>CUMPLE</b>									
164	0,25H'	0,25	53,015	30,122	643,198	237,163	<b>CUMPLE</b>									
165	0,0H'	0,00	72,139	122,637	643,198	322,728	<b>CUMPLE</b>									
166																
167	<b>DISEÑO DEL PIE - ARMADURA PRINCIPAL (As)</b>															
168	<b>SECCION</b>															
169	h (m)	Mmuero (KN·m)	¶Ma (KN·m)	p	p±	As (cm <sup>2</sup> /m)	¶Ma	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8				
170	H'	1,00	0,000	0,000	0,00000	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
171	0,75H'	0,75	2,815	4,786	0,00015	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
172	0,5H'	0,50	11,440	19,448	0,00063	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
173	0,25H'	0,25	21,878	37,192	0,00120	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
174	0,0H'	0,00	37,439	63,743	0,00207	0,00583	22,17	174,739	4	7	12	17	21			
175	<b>DISEÑO DEL PIE - ARMADURA DE DISTRIBUCION (As)</b>															
176	<b>OPCIONES DE REFUERZO</b>															
177	As (cm <sup>2</sup> /m)	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8									
178	8,10	8	15	23	47	46	34									

Figura 25: Análisis y diseño del pie

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>														
180															
181		<b>TALÓN:</b>		h =	0,45	m									
182				bw =	1,00	m									
183				d =	0,37	m									
184															
185															
186		<b>CORTANTE:</b>	V <sub>talón</sub> =	62,554	KN										
187			V <sub>u</sub> =	106,342	KN										
188			Q <sub>vc</sub> =	643,198	KN/m <sup>2</sup>										
189			v <sub>u</sub> =	287,412	KN/m <sup>2</sup>										
190															
191															
192		<b>FLEXIÓN:</b>	M <sub>talón</sub> =	53,80	KN·m										
193			Q <sub>M</sub> =	31467	KN·m										
194			ρ =	0,00516											
195			ρ <sub>u</sub> =	0,005833											
196			A <sub>s</sub> =	2158	cm <sup>2</sup> /m										
197															
198															
199		<b>SECCION</b>	h (m)	V <sub>max</sub> (KN)	V <sub>u</sub> (KN)	Q <sub>vc</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	v <sub>u</sub> (KN/m <sup>2</sup> )								
200		H	1,55	0,000	0,000	643,198	0,000								
201		0,75H	1,16	-16,806	-28,570	643,198	-75,183								
202		0,5H	0,78	109,047	185,380	643,198	487,843								
203		0,25H	0,39	87,089	148,051	643,198	389,608								
204		0,0H	0,00	62,554	106,342	643,198	279,848								
205															
206															
207															
208		<b>DISEÑO DEL TALÓN - ARMADURA PRINCIPAL (A<sub>s</sub> y M<sub>s</sub>)</b>	h (m)	M <sub>max</sub> (KN·m)	M <sub>u</sub> (KN·m)	ρ	ρ <sub>u</sub>	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	M <sub>s</sub> (cm)	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8	
209		H	1,55	0,000	0,000	0,00000	0,00583	22,17	174,799	4	7	12	17	21	
210		0,75H	1,16	3,173	5,334	0,00017	0,00583	22,17	174,799	4	7	12	17	21	
211		0,5H	0,78	10,357	22,707	0,00073	0,00583	22,17	174,799	4	7	12	17	21	
212		0,25H	0,39	-24,727	-42,037	0,00154	0,00583	22,17	174,799	4	7	12	17	21	
213		0,0H	0,00	-53,804	-91,467	0,00288	0,00583	22,17	174,799	4	7	12	17	21	
214															
215															
216		<b>DISEÑO DEL TALÓN - ARMADURA DE DISTRIBUCIÓN (A<sub>s</sub> y A<sub>w</sub>)</b>													
217															
218															
219															
220		A <sub>w</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	S (cm)	S (cm)	S (cm)	S (cm)	S (cm)	S (cm)	S (cm)						
221		8,10	8	15	23	47	46	34							

Figura 26: Análisis y diseño del talón

## 6. Resumen

Por ultimo se presenta un resumen de los resultados ofrecidos por la hoja de cálculo. Allí se consignan las dimensiones obtenidas, los factores de seguridad y el diseño estructural detallado para cada elemento del muro, mostrando el acero de refuerzo seleccionado por el usuario, la cantidad de barras a colocar en un metro lineal, la separación entre estas y la longitud de las armaduras para cada elemento del muro.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
220											
221									Nº3	0,71	
222									Nº4	1,29	
223	<b>RESUMEN:</b>								Nº5	1,99	
224									Nº6	2,84	
225		<b>DIMENSIONES</b>			<b>VASTAGO</b>			<b>PIE</b>	Nº7	3,87	
226		H =	10,00	m			14,19 cm <sup>2</sup>		Nº8	5,10	
227		B =	6,50	m			21,89 cm <sup>2</sup>	<b>As<sub>pie</sub></b>			2,84 cm <sup>2</sup>
228		D =	1,85	m	<b>As<sub>vastagos</sub></b>	53,49 cm <sup>2</sup>	31,24 cm <sup>2</sup>	BARRA	Nº8		5,16 cm <sup>2</sup>
229		Ev =	1,10	m	COLOCAR	11	42,57 cm <sup>2</sup>	SEPARACION	4	BARRAS	11,36 cm <sup>2</sup>
230		Eb =	1,20	m	SEPARACION	6	56,10 cm <sup>2</sup>	SEPARACION	22	cms	15,48 cm <sup>2</sup>
231		Lp =	2,65	m	Lt	0,00		L3	6,71	m	20,40 cm <sup>2</sup>
232		Lr =	2,75	m	L1	3,64					
233		Ec =	0,65	m	BARRA	Nº7	34,33 cm <sup>2</sup>	<b>As<sub>estructuras</sub></b>			24,85 cm <sup>2</sup>
234					LP	1,59		BARRA	Nº8		45,15 cm <sup>2</sup>
235		<b>FACTORES DE SEGURIDAD</b>			Lr	8,45		COLOCAR	35	BARRAS	69,65 cm <sup>2</sup>
236		FSV =	2,8					SEPARACION	15	cms	99,40 cm <sup>2</sup>
237		FSD =	1,5								135,45 cm <sup>2</sup>
238					<b>As<sub>vastagos</sub></b>	12,36 cm <sup>2</sup>	4,97 cm <sup>2</sup>				178,50 cm <sup>2</sup>
239					BARRA	Nº5	9,03 cm <sup>2</sup>				
240		<b>CANTIDADES</b>			COLOCAR	7	13,93 cm <sup>2</sup>	<b>TALON</b>			
241		Kg DE ACERO =	1418,08	p.m.l.	SEPARACION	14	19,88 cm <sup>2</sup>				2,84 cm <sup>2</sup>
242		m3 DE CONCRETO =	15,89	p.m.l.	Lt	1,34	27,09 cm <sup>2</sup>	<b>As<sub>talon</sub></b>			5,16 cm <sup>2</sup>
243					L4	11,81	35,70 cm <sup>2</sup>	BARRA	Nº8		7,96 cm <sup>2</sup>
244								COLOCAR	4	BARRAS	11,36 cm <sup>2</sup>
245					<b>As<sub>H</sub></b>	178,65 cm <sup>2</sup>	31,24 cm <sup>2</sup>	SEPARACION	22	cms	15,48 cm <sup>2</sup>
246					BARRA	Nº8	56,76 cm <sup>2</sup>	L2	6,71	m	20,40 cm <sup>2</sup>
247					COLOCAR	44	87,56 cm <sup>2</sup>				
248					SEPARACION	17	124,96 cm <sup>2</sup>	<b>As<sub>estructuras</sub></b>			24,85 cm <sup>2</sup>
249							223,31 cm <sup>2</sup>	BARRA	Nº8		45,15 cm <sup>2</sup>
250								COLOCAR	35	BARRAS	69,65 cm <sup>2</sup>
251								SEPARACION	15	cms	99,40 cm <sup>2</sup>
252											135,45 cm <sup>2</sup>
253											178,50 cm <sup>2</sup>
254											

Figura 27: Resumen de resultados

## 7. Herramientas adicionales

La hoja de cálculo MURVOL\_V1.xls posee ciertas tablas y diagramas que pueden resultar de gran utilidad para el usuario, tales como:

- Una tabla de cuantías mínimas y máximas según las propiedades de los materiales

CUANTIAS			
Fy	f'c	$\rho_{min}$	$\rho_{max}$
2,40E+08	1,40E+07	0,00583	0,02274
2,40E+08	1,76E+07	0,00583	0,02838
2,40E+08	2,10E+07	0,00583	0,03403
2,40E+08	2,46E+07	0,00583	0,03967
2,40E+08	2,80E+07	0,00583	0,04532
2,40E+08	3,16E+07	0,00586	0,04942
2,40E+08	3,52E+07	0,00618	0,05333
2,40E+08	4,22E+07	0,00677	0,06806
4,20E+08	1,40E+07	0,00333	0,01070
4,20E+08	1,76E+07	0,00333	0,01336
4,20E+08	2,10E+07	0,00333	0,01601
4,20E+08	2,46E+07	0,00333	0,01867
4,20E+08	2,80E+07	0,00333	0,02133
4,20E+08	3,16E+07	0,00335	0,02366
4,20E+08	3,52E+07	0,00353	0,02510
4,20E+08	4,22E+07	0,00387	0,03203
		<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
<b>CUANTIAS</b>		<b>0,00583</b>	<b>0,03403</b>

Figura 28: Tabla de cuantías máximas y mínimas

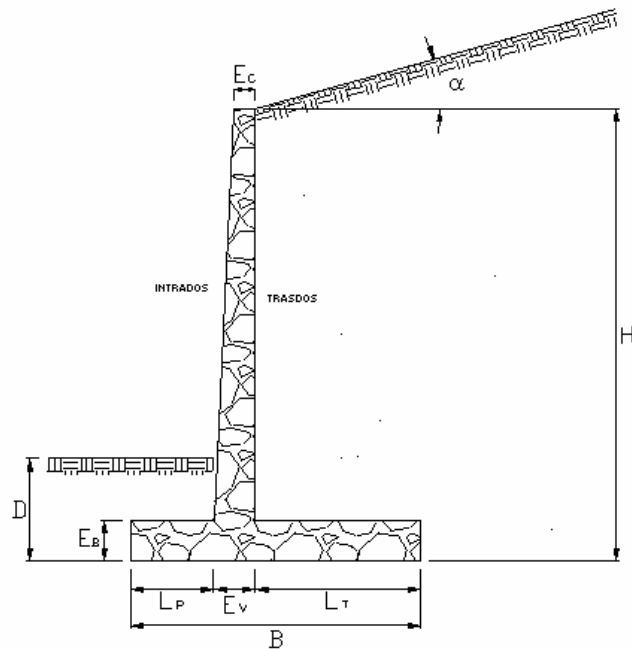
- Una tabla que presenta las principales características de las barras de acero y adicionalmente longitudes de desarrollo y de traslapo para cada barra.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS**

		mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	ld (m)	Lt (m)
N°2	1/4"	6,4	0,32	0,250	0,38	0,49
N°3	3/8"	9,5	0,71	0,560	0,38	0,49
N°4	1/2"	12,7	1,29	0,994	0,38	0,49
N°5	5/8"	15,9	1,99	1,552	0,40	0,52
N°6	3/4"	19,1	2,84	2,235	0,48	0,62
N°7	7/8"	22,2	3,87	3,042	0,70	0,91
N°8	1"	25,4	5,10	3,973	0,80	1,04
N°9	1-1/8"	28,7	6,45	5,060	0,90	1,17
N°10	1-1/4"	32,3	8,19	6,404	1,01	1,32
N°11	1-3/8"	35,8	10,06	7,907	1,12	1,46
N°14	1-3/4"	43,0	14,52	11,380	1,35	1,76
N°18	2-1/4"	57,3	25,81	20,240	1,80	2,34

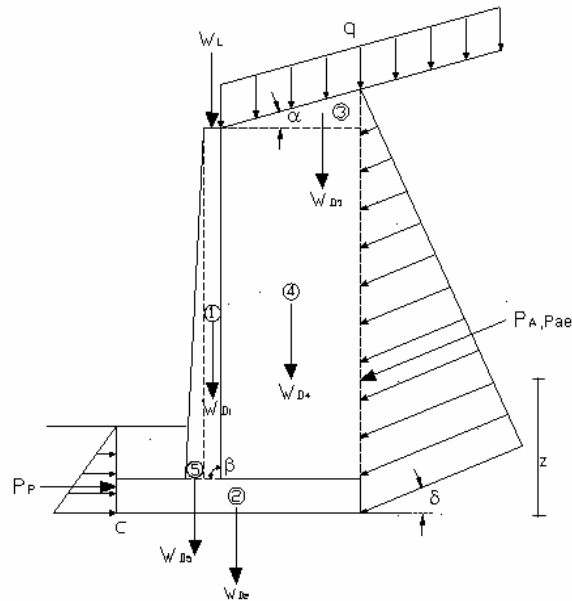
**Figura 29: Tabla de características de las barras**

- Un esquema que muestra las dimensiones generales del muro en voladizo



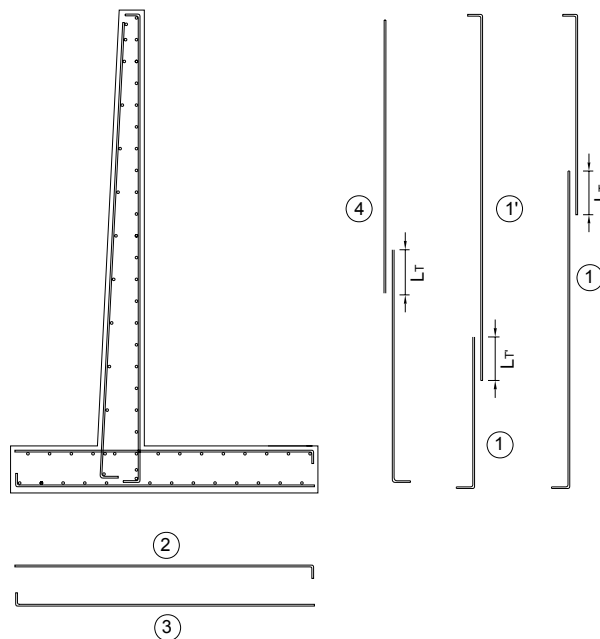
**Figura 30: Dimensiones generales de muros en voladizo**

- Un esquema general de las cargas que actúan sobre el muro de contención.



**Figura 31: esquema general de cargas**

- Un esquema que indica la colocación (despiece) de las armaduras de refuerzo en el muro de contención.



**Figura 32: Esquema de colocación (despiece) de las armaduras**

### 4.3. Resultados

El uso de esta herramienta en el prediseño o diseño de muros de contención en voladizo, ofrece al usuario resultados como: Dimensiones del muro, Chequeos de estabilidad, Chequeos de resistencia a esfuerzos cortantes y de flexión y Cantidades de acero de refuerzo y concreto requeridos para el proyecto, además de un resumen detallado sobre la selección, colocación y cantidad de acero de refuerzo requerido.

Resultados que se consignan en unas tablas de diseño similares a un manual de diseño, las cuales contienen los resultados anteriormente descritos para casos en los cuales varia la inclinación del terreno y su capacidad de carga, efectos de variación de la sobrecarga y consideración de distintos valores de acciones sísmicas.

**NOTA:**

0,58	Indica que el usuario debe ingresar un valor en esta celda
<b>CUMPLE</b>	Casilla de verificación
Nº7	Indica el usuario debe seleccionar una de las barras
0,00 cm <sup>2</sup>	Indica el area de acero requerida si se usan barras del Nº 3 a la Nº 5
223,31 cm <sup>2</sup>	Indica el area de acero requerida si se usan barras del Nº 6 a la Nº 8
2,84 cm <sup>2</sup>	Indica el area de acero colocada según el número de barra seleccionado

### 4.4. Optimización al Diseño

Si se observan los resultados arrojados por la hoja de cálculo y se aprecia que alguna o algunas de las casillas de verificación no están cumpliendo con los parámetros estipulados en los datos de entrada, se hace necesario un redimensionamiento del muro.

Por medio de la hoja de cálculo MURVOL\_V1.xls se pueden hacer muchas variaciones de las dimensiones, apreciando instantáneamente los cambios

ocasionados en los factores de seguridad, la resistencia de los elementos al esfuerzo cortante y flexión y las variaciones en las cantidades de acero requeridas.

Es decir, la hoja de cálculo permite “jugar” con las dimensiones de un muro de contención en voladizo para lograr diseños óptimos en cuanto a cantidades de acero y concreto necesaria para el proyecto de un muro de contención.

Ejemplo de ello se aprecia en el problema planteado anteriormente, en el cual se asumieron ciertas dimensiones y no cumplió el factor de seguridad al deslizamiento ni el factor de seguridad por capacidad de carga (figura 33).

	A	B	C	D	E	F
1	<b>ANALISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCION</b>					
20						
21						
22	<b>GEOMETRIA DEL MURO:</b>				<b>CALCULADOS</b>	<b>ASUMIDOS</b>
23					H = 4,5	m
24					B = 2,70	3,00 m
25					D = 1,13	0,95 m
26					Ev = 0,45	0,45 m
27					Eb = 0,45	0,45 m
28					Lp = 0,45	1,00 m
29					Lt = 1,55	1,55 m
30					x = 0,02	0,02
31					Ec = 0,37	0,25
1	<b>ANALISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCION</b>					
62					Ph =	75,75
63					<b>ΣFH =</b>	<b>75,75</b>
64						
65	<b>VOLTEO:</b>				FSV = 3,1	<b>CUMPLE</b>
66						
67	<b>DESPLAZAMIENTO:</b>				FSD = 1,2	<b>NO CUMPLE</b>
68						
69	<b>CAPACIDAD DE CARGA:</b>				e = 0,193	<b>CUMPLE</b>
70						
71					σ <sub>PIE</sub> = 90,09	KN/m <sup>2</sup>
72					σ <sub>TALON</sub> = 39,86	KN/m <sup>2</sup>
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80					σ <sub>ULT</sub> = 247,905	KN/m <sup>2</sup>
81						
82					F <sub>SQ</sub> = 2,5	<b>NO CUMPLE</b>
83						

Figura 33: Ejemplo de falla en los factores de seguridad

Con el simple hecho de modificar alguna de sus dimensiones estos valores variarían instantáneamente, por ejemplo si se varía el valor  $D$  de 0.95 m a 1.4 m los factores de seguridad cumplen (figura 34).

	A	B	C	D	E	F
1	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>					
18						
19						
20						
21						
22	<b>GEOMETRIA DEL MURO:</b>				<b>CALCULADOS</b>	<b>ASUMIDOS</b>
23					H = 4,5	m
24					B = 2,70	3,00 m
25					D = 1,13	1,40 m
26					EV = 0,45	0,45 m
27					EB = 0,45	0,45 m
28					LP = 0,45	1,00 m
29					LT = 1,55	1,55 m
30					x = 0,02	0,02
31					Ec = 0,37	0,25
63	<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN</b>					
64					<b>ΣFh = 75,75</b>	
65	<b>VOLTEO:</b>				FSV = 3,1	<b>CUMPLE</b>
66	<b>DESPLAZAMIENTO:</b>				FSD = 1,5	<b>CUMPLE</b>
67	<b>CAPACIDAD DE CARGA:</b>				e = 0,193	<b>CUMPLE</b>
68					σPIE = 90,09	KN/m2
69					σTALON = 39,86	KN/m2
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						

Nq	Nc	Ny
18,401	30,140	22,403

σULT =	357,495	KN/m2
FSQ =	3,6	<b>CUMPLE</b>

Figura 34: Ejemplo de modificación de dimensiones y factores de seguridad

#### 4.5. Tablas de diseño

Se optó por realizar múltiples diseños para muros cuya altura varía desde los 3 m hasta los 10 m, los cuales son de uso común en Colombia, variando en estos diseños parámetros como: la capacidad de carga admisible del terreno, la inclinación del terreno, la sobrecarga y el coeficiente sísmico.

Muestra de estos diseños se aprecian en la figura 35 obtenida desde la hoja de cálculo MURVOL\_V1.xls, la cual se muestra a continuación.

Adjunto a este estudio se presentan las tablas de diseño a manera de manual, el cual puede ser consultado en el ANEXO N° 1.

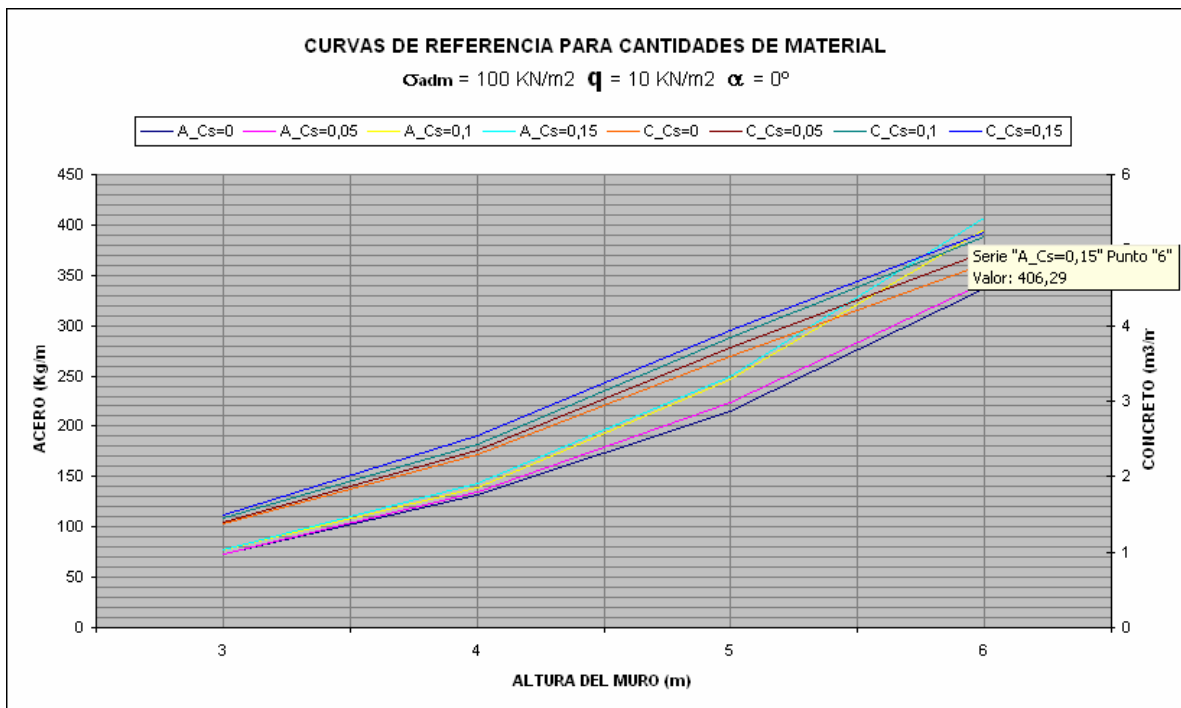
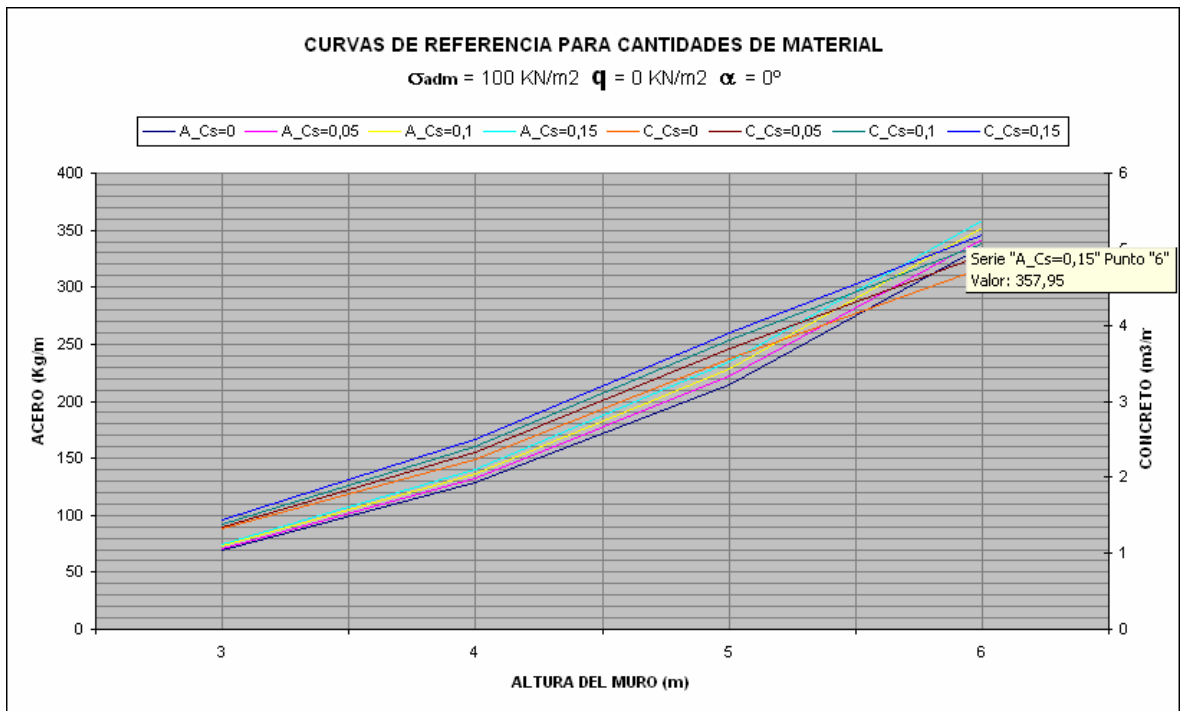
		f'c = 21 Mpa		q = 0 KN/m2		α = 0 °		RESISTENTES																		RETRACCION Y TEMPERATURA					
FACTORES DE SEGURIDAD		1				1'				2				3				4				5				6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m3 DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m3
C	FSV	FSD	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA							
30	2,23	2,46	N°4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N°4	1,23	5	18 cm	N°4	1,23	5	18 cm	N°3	3,10	4	24 cm	N°4	9	29 cm	N°4	6	18 cm	68,90	1,28	53,66
40	2,21	2,10	N°5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N°4	1,63	5	18 cm	N°4	1,63	5	18 cm	N°3	4,10	6	15 cm	N°4	18	19 cm	N°4	8	18 cm	123,42	2,11	58,44
50	2,21	1,97	N°7	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N°4	2,03	6	15 cm	N°4	2,03	6	15 cm	N°4	5,19	4	23 cm	N°5	20	21 cm	N°5	7	28 cm	198,25	3,22	61,57
50	2,18	1,86	N°7	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	N°4	2,43	6	15 cm	N°4	2,43	6	15 cm	N°4	6,91	5	18 cm	N°5	29	17 cm	N°5	10	22 cm	312,73	4,29	72,98
55	2,17	1,77	N°7	9,04	6	14 cm	0	0,00	0	0 cm	N°5	2,87	5	18 cm	N°4	2,83	6	15 cm	N°4	8,00	6	15 cm	N°5	41	14 cm	N°5	12	21 cm	424,60	5,53	76,75
65	2,17	1,75	N°8	10,36	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	N°5	3,27	6	15 cm	N°5	3,27	5	18 cm	N°5	9,22	5	18 cm	N°6	47	13 cm	N°5	15	19 cm	600,10	7,25	82,78
75	2,18	1,77	N°8	3,01	6	14 cm	N°8	8,35	6	14 cm	N°6	3,72	5	18 cm	N°6	3,72	4	23 cm	N°6	10,46	4	23 cm	N°7	44	16 cm	N°5	22	14 cm	780,34	9,49	82,20
80	2,30	1,76	N°8	3,34	7	11 cm	N°8	9,02	7	11 cm	N°6	4,27	5	18 cm	N°6	4,27	5	18 cm	N°6	11,57	4	23 cm	N°7	55	14 cm	N°7	19	19 cm	999,14	11,77	84,92

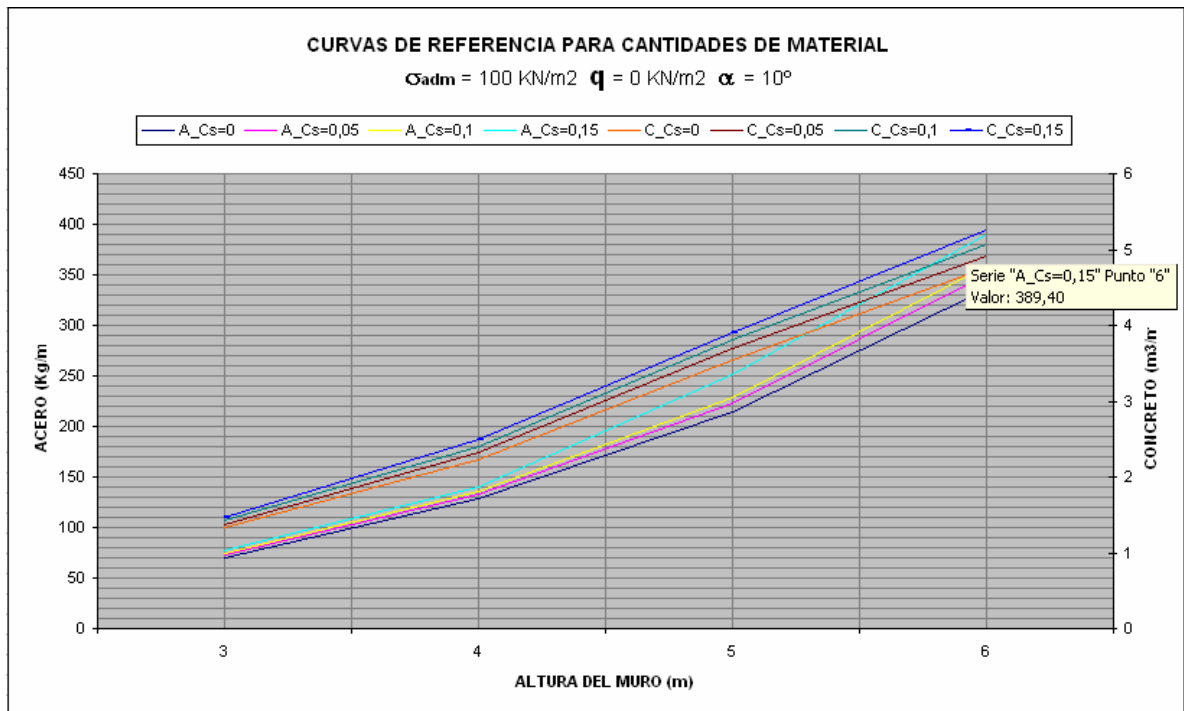
Figura 35: Tabla de diseño para Cs = 0, adm = 300 KN/m2, q = 0 KN/m2, α = 0°

## 5. ANALISIS DEL INCREMENTO DE LAS CANTIDADES DE MATERIAL

Con base en los diseños realizados y en lo referente al dimensionamiento de los muros y a los incrementos en la cantidad de material obtenidos para cada una de las combinaciones hechas entre capacidad portante del suelo, inclinación del terreno, sobrecarga y coeficientes sísmicos, se pueden hacer las siguientes afirmaciones:

- Para una buena parte de los muros diseñados sin tener en cuenta el efecto sísmico, la longitud de la base en algunos casos es menor que la recomendada por la mayoría de los autores (entre  $0.5H$  y  $0.7H$ ), con valores ubicados en un rango entre  $0.4H$  y  $0.5H$ , dependiendo de la capacidad portante del suelo; por lo tanto, esta disminución en la longitud de la base representa un ahorro en la cantidad de material con respecto a si se diseñara con el rango de valores recomendado.
- Es evidente la relación existente entre el incremento de la cantidad de material y la existencia de una sobrecarga y/o una inclinación en el terreno, puesto que el efecto causado al tener en cuenta estas variables incide directamente en el valor del empuje activo (Figuras 36 y 37), así mismo, se puede apreciar que la sobrecarga ejerce un efecto mayor al causado por la inclinación del terreno (Figura 38).





**Figura 38: Cantidad de material para diseños con inclinación del terreno**

- En las figuras anteriores (Figuras 36, 37 y 38) se puede apreciar que las curvas de referencia para cantidades de material están construidas solo para muros de hasta 6 m de altura, esto debido a que para una capacidad de carga admisible de  $\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$  no es viable diseñar y/o construir muros de contención en voladizo con una altura superior, ya que las dimensiones de la base y por ende las del pie y el talón, superan las dimensiones típicas para muros de este tipo, alterando su geometría y conllevando a considerar otro tipo de estructura de contención.
- Caso similar se presenta para suelos con capacidad de carga admisible  $\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$ , solo que específicamente en los casos en que el efecto de la sobrecarga y la inclinación del terreno se presentan simultáneamente no es viable considerar el diseño y/o construcción de muros de altura superior a 8 m (ver Figuras 39 y 40).

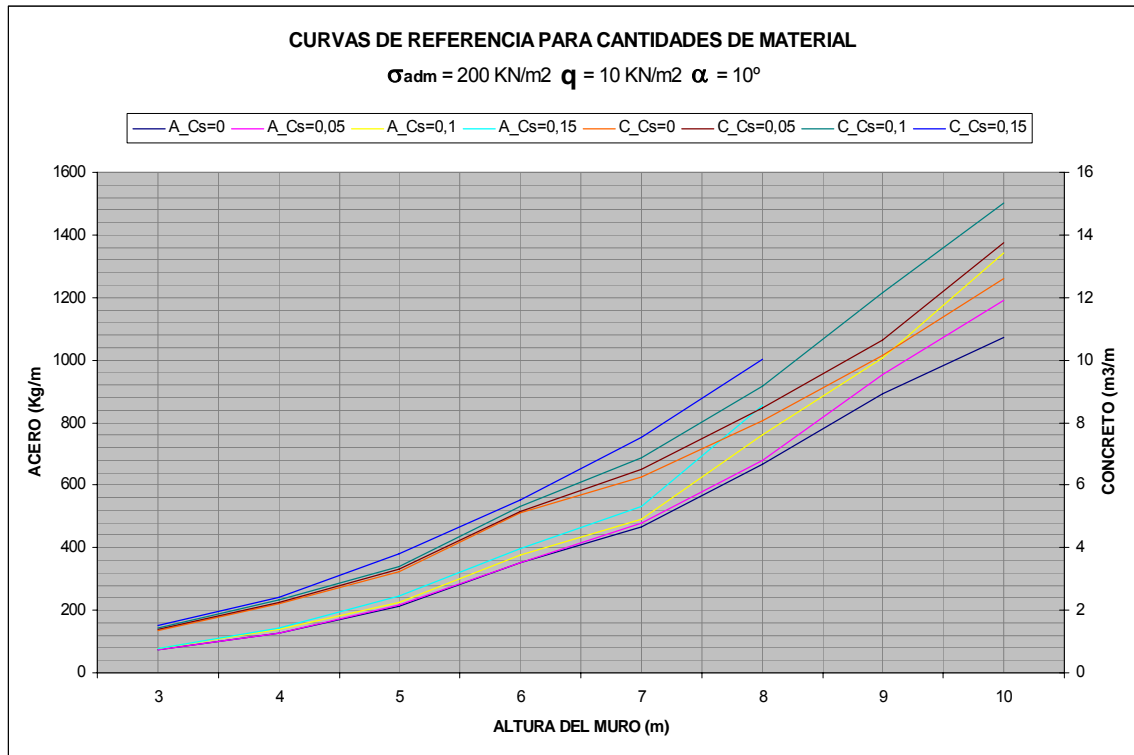


Figura 39: Ejemplo de diseños no viables

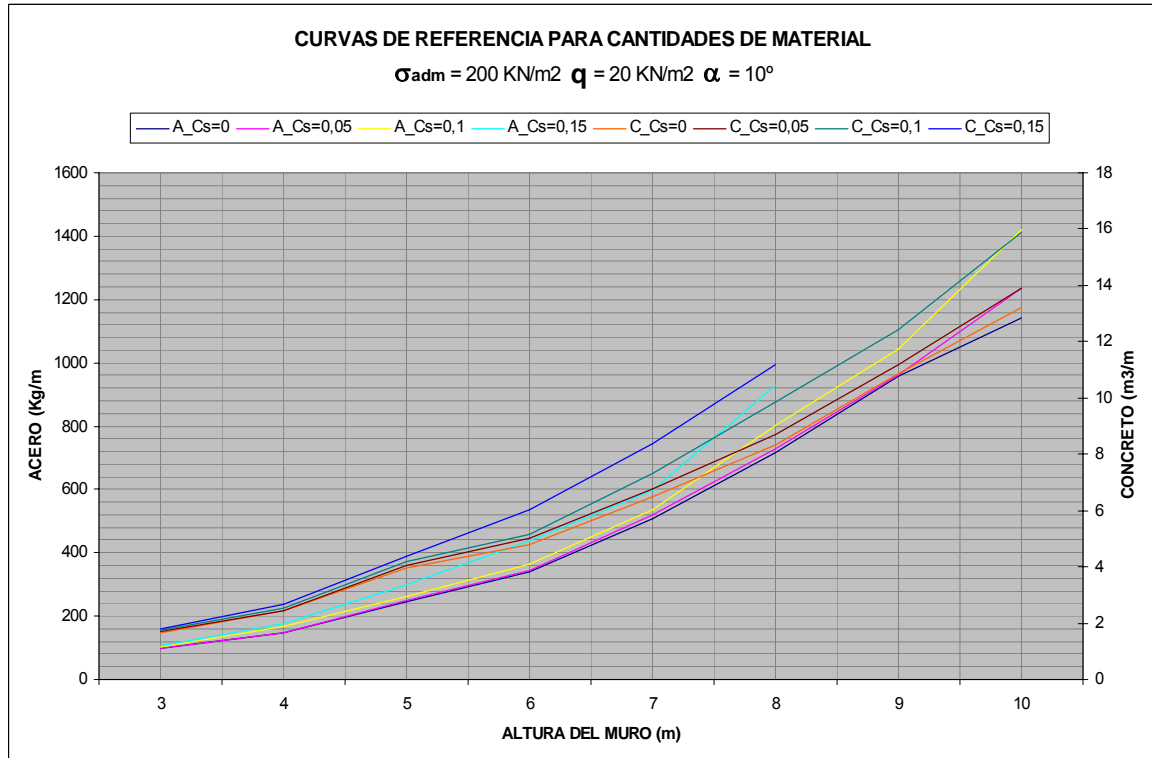


Figura 40: Ejemplo de diseños no viables

- La mayor afectación a las dimensiones de los muros en voladizo y por ende a la cantidad de material fue causada por el coeficiente sísmico, el cual genera un aumento de los empujes sobre el muro y por lo tanto, independientemente de la altura del muro, de la capacidad portante del suelo y de si en el diseño se tuvieron en cuenta o no la sobrecarga y/o la inclinación del terreno, se hace necesaria la variación de las dimensiones de la estructura (principalmente las dimensiones de la base) para que esta pueda resistir los esfuerzos a los que esta sometida (Figura 41).

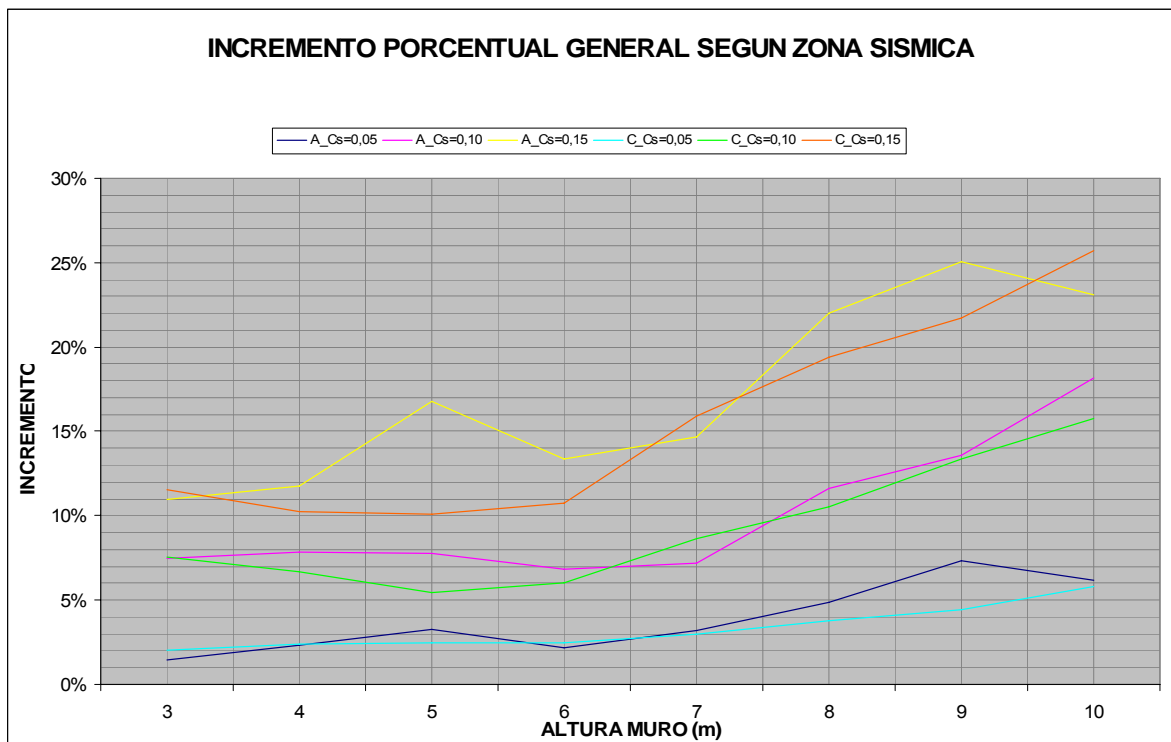


Figura 41: Incremento porcentual general según zona sísmica

## CONCLUSIONES

- A medida que se incrementa el valor del coeficiente sísmico ( $C_s$ ) el empuje activo sobre el muro también aumenta, lo cual hace que muros de la misma altura requieran una base mayor para resistir este empuje y para satisfacer los factores de seguridad de deslizamiento y volcamiento, y por lo tanto esto se ve reflejado en el incremento de las cantidades de concreto y acero de refuerzo.
- La construcción de muros en voladizo con una altura superior a 6 m. no es factible sobre suelos con una capacidad de carga admisible menor o igual que  $100 \text{ KN/m}^2$ , indistintamente de las características del suelo a retener, de las condiciones de sobrecarga e inclinación del terreno, y de si se considera o no el efecto de la acción sísmica en el diseño del muro. Tampoco es factible su construcción para alturas mayores que 8 m. cuando la capacidad de carga admisible del suelo es menor o igual que  $200 \text{ KN/m}^2$ , para los casos en que simultáneamente existe una sobrecarga mayor que  $10 \text{ KN/m}^2$  y una inclinación del terreno mayor que  $10^\circ$ , cuando se usa un coeficiente sísmico de 0.15; puesto que, para todos los casos, las dimensiones de la base y por ende del pie y el talón, necesarias para que el esfuerzo generado por el muro sobre el suelo sea menor que el esfuerzo permitido resultan mucho mayores que las dimensiones típicas de estos elementos, lo cual indica que otro tipo de estructura de contención tal como un muro con contrafuertes daría una mejor solución a los requerimientos del problema.
- Debido a que los resultados arrojados por la hoja de calculo MURVOL\_V1.xls creada para diseñar los muros, se afectan por el criterio de cada uno de los usuarios, la variación en las dimensiones de los muros y

por ende las cantidades de obra no conservan una tendencia constante, por lo tanto, el incremento porcentual de dichas cantidades varia según las condiciones consideradas por el usuario.

- El incremento de costos en el diseño de muros de contención en voladizo en este estudio, esta contemplado únicamente como el incremento debido a las variaciones de las cantidades de material que se presentan considerando parámetros como: sobrecarga, inclinación del terreno y efecto de la acción sísmica; pues estos incrementos son indistintos a los costos reales de material ya que los materiales varían de precio en las diferentes regiones del país.

## RECOMENDACIONES

- Realizar este análisis en otros tipos de muros de contención para generar una idea mucho más clara de la variación de cantidades de material entre una estructura y otra para obtener un mejor estudio en el análisis de los incrementos de materiales según tipo de estructura y zona sísmica, y así llegar a definir la mejor estructura técnicamente posible y económicamente viable.
- Hacer un uso adecuado de la hoja de calculo MURVOL\_V1.xls, puesto que esta ha sido desarrollada para que el usuario maneje sus propios criterios en el momento de realizar diseños de muros de contención en voladizo, por ello es necesario tener en cuenta el capitulo que se refiere al proceso que realiza la hoja de calculo.
- El manual de diseño esta elaborado a partir de las tablas de diseño generadas por la hoja de calculo MURVOL\_V1.xls, las cuales servirán de apoyo al diseñador siempre y cuando este identifique los parámetros para los cuales esta construida cada tabla. Es de especial importancia chequear las notas presentadas al comienzo del anexo.

## BIBLIOGRAFIA

- **CALAVERA, José.** (2001) Muros de Contención y Muros de Sótano. INTEMAC, 3ª edición.
- **BRAJA, Das.** (1999) Principios de Ingeniería de Cimentaciones. Internacional Thomson Editores, 4ª edición.
- **SEGURA FRANCO, Jorge.** (1999) Estructuras de Concreto I. Universidad Nacional de Colombia, 4ª edición.
- **McCORMAC, Jack.** (2002) Diseño de Concreto Reforzado. Alfa omega, 4ª edición.
- **TRUJILLO OROZCO, José E.** (1993) Diseño de Puentes de Concreto. Universidad Industrial de Santander. 2ª edición.
- **SUAREZ DIAZ, Jaime.** (1998) Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Universidad Industrial de Santander. 1ª edición.
- **TERZARIOL, R., AIASSA, G. Y ARRÚA, P.** (1987) “Diseño sísmico de estructuras de contención en suelos granulares”. Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural.
- **RICHARDS, R. Y ELMS, D. G.** (1979). “Seismic behaviour of gravity retaining walls”. ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division. Vol. 105, Nº 4, pág. 449 – 464.

## **ANEXOS**

### **ANEXO Nº 1**

#### **MANUAL DE TABLAS DE DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO**

#### **NOTAS**

1. Se ha supuesto el material de relleno como granular con drenaje.
2. El recubrimiento nominal de las armaduras es de 70 mm en superficies que estén en contacto con el suelo o material de relleno y de 50 mm en superficies libres.
3. Si esta garantizada la ausencia del agua en el relleno, no es necesaria la impermeabilización del trasdós y de la cara superior del talón. Si es previsible la presencia de agua, dicha impermeabilización es necesaria.
4. En la medición de las armaduras se han considerado los posibles traslapos y las longitudes de los ganchos estándar.

Cs = 0,00		$\sigma_{adm} = 100$ KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		f'c = 21 Mpa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		$\alpha = 0^\circ$		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA															
DIMENSIONES DEL MURO (m)										FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA															
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>						
3	1,30	0,80	0,30	0,40	0,30	0,70	0,30	2,58	2,61	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,33	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,33	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	6	20 cm	69,90	1,33	52,71	
4	1,90	0,80	0,40	0,40	0,40	0,55	0,95	0,40	2,96	2,28	N <sup>6</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,93	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,93	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	9	19 cm	128,39	2,24	57,37
5	2,70	0,85	0,50	0,45	0,75	1,45	0,50	3,73	2,38	N <sup>7</sup>	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,73	6	15 cm	N <sup>4</sup>	2,73	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>4</sup>	15	16 cm	214,69	3,55	60,46	
6	3,30	0,90	0,60	0,50	1,10	1,60	0,50	3,72	2,15	N <sup>7</sup>	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	3,33	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,33	6	15 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	14	22 cm	335,88	4,76	70,60	

Cs = 0,00		$\sigma_{adm} = 100$ KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		f'c = 21 Mpa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		$\alpha = 0^\circ$		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
DIMENSIONES DEL MURO (m)										FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>					
3	1,40	0,80	0,30	0,40	0,50	0,60	0,30	2,18	2,00	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,43	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,43	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	7	18 cm	72,88	1,37	53,27
4	2,05	0,80	0,40	0,40	0,70	0,95	0,40	2,70	1,95	N <sup>6</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,08	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,08	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	10	19 cm	131,87	2,30	57,31
5	2,80	0,85	0,50	0,45	0,95	1,35	0,50	3,26	2,03	N <sup>7</sup>	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,83	6	15 cm	N <sup>4</sup>	2,83	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>4</sup>	30	13 cm	N <sup>5</sup>	10	27 cm	214,66	3,60	59,66
6	3,40	0,90	0,60	0,50	1,30	1,50	0,50	3,29	1,90	N <sup>7</sup>	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	3,43	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,43	6	15 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	14	22 cm	337,07	4,81	70,08

Cs = 0,00		$\sigma_{adm} = 100$ KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		f'c = 21 Mpa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		$\alpha = 10^\circ$		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
DIMENSIONES DEL MURO (m)										FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>					
3	1,30	0,80	0,30	0,40	0,35	0,65	0,30	2,32	2,27	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,33	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,33	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	6	20 cm	69,90	1,33	52,71
4	1,90	0,80	0,40	0,40	0,65	0,85	0,40	2,63	1,95	N <sup>5</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,93	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,93	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	9	19 cm	128,39	2,24	57,37
5	2,70	0,85	0,50	0,45	0,85	1,35	0,50	3,34	2,07	N <sup>7</sup>	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,73	6	15 cm	N <sup>4</sup>	2,73	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>4</sup>	15	16 cm	214,69	3,55	60,46
6	3,30	0,90	0,60	0,50	1,25	1,45	0,50	3,30	1,87	N <sup>7</sup>	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	3,33	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,33	6	15 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	14	22 cm	335,88	4,76	70,60

Cs = 0,00		$\sigma_{adm} = 100$ KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		f'c = 21 Mpa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		$\alpha = 10^\circ$		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
DIMENSIONES DEL MURO (m)										FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>					
3	1,50	0,80	0,30	0,40	0,50	0,70	0,30	2,27	1,90	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,53	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,53	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	7	20 cm	73,87	1,41	52,39
4	2,15	0,80	0,40	0,40	0,80	0,95	0,40	2,63	1,76	N <sup>5</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,18	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,18	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>5</sup>	7	30 cm	134,71	2,34	57,50
5	2,90	0,85	0,50	0,45	1,05	1,35	0,50	3,12	1,83	N <sup>7</sup>	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,93	6	15 cm	N <sup>4</sup>	2,93	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>4</sup>	16	16 cm	219,06	3,65	60,10
6	3,55	0,90	0,60	0,50	1,40	1,55	0,50	3,21	1,74	N <sup>8</sup>	2,11	4	22 cm	N <sup>8</sup>	6,25	4	22 cm	N <sup>4</sup>	3,58	6	15 cm	N <sup>5</sup>	3,62	5	18 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	15	22 cm	356,66	4,89	72,95

Cs = 0,00		$\sigma_{adm} = 100$ KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		f'c = 21 Mpa		q = 20 KN/m <sup>2</sup>		$\alpha = 0^\circ$		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
DIMENSIONES DEL MURO (m)										FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>					
3	1,60	0,80	0,30	0,40	0,50	0,80	0,30	2,46	1,93	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,63	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,63	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	8	18 cm	76,85	1,45	52,93
4	2,25	0,80	0,40	0,40	0,80	1,05	0,40	2,79	1,83	N <sup>5</sup>	1,40	6	15 cm	N <sup>5</sup>	3,78	6	15 cm	N <sup>4</sup>	2,28	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,28	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	11	19 cm	142,98	2,39	59,95
5	2,95	0,85	0,50	0,45	1,10	1,35	0,50	3,14	1,85	N <sup>7</sup>	1,78	5	17 cm	N <sup>6</sup>	4,72	5	17 cm	N <sup>4</sup>	2,96	6	15 cm	N <sup>4</sup>	2,96	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>5</sup>	11	25 cm	233,52	3,67	63,65
6	3,65	0,90	0,60	0,50	1,40	1,65	0,50	3,37	1,84	N <sup>8</sup>	2,11	5	17 cm	N <sup>7</sup>	5,97	5	17 cm	N <sup>4</sup>	3,68	6	15 cm	N <sup>5</sup>	3,72	5	18 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>6</sup>	26	19 cm	N <sup>5</sup>	15	22 cm	382,80	4,94	77,47

Cs = 0,00		$\sigma_{adm} = 100$ KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		f'c = 21 Mpa		q = 20 KN/m <sup>2</sup>		$\alpha = 10^\circ$		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
DIMENSIONES DEL MURO (m)										FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>					
3	1,70	0,80	0,40	0,40	0,55	0,75	0,40	2,48	1,78	N <sup>5</sup>	3,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,73	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,73	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	13	19 cm	N <sup>4</sup>	8	20 cm	101,34	1,75	57,78
4	2,35	0,80	0,45	0,40	0,85	1,05	0,45	2,74	1,68	N <sup>6</sup>	4,36	5	18 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,38	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,38	5	18 cm	N <sup>4</sup>	4,19	4	23 cm	N <sup>4</sup>	21	16 cm	N <sup>4</sup>	12	18 cm	157,09	2,61	60,26
5	3,10	0,85	0,50	0,45	1,20	1,40	0,50	3,10	1,70	N <sup>7</sup>	1,78	5	17 cm	N <sup>6</sup>	4,72	5	17 cm	N <sup>4</sup>	3,13	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,13	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>4</sup>	18	15 cm	236,95	3,74	63,36
6	3,80	0,90	0,60	0,50	1,55	1,65	0,50	3,24	1,66	N <sup>7</sup>	2,07	7	12 cm	N <sup>6</sup>	5,43	7	12 cm	N <sup>4</sup>	3,83	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,83	8	11 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>4</sup>	25	13 cm	358,53	5,02	71,42



Cs = 0,10		σadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)						
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	Kg DE ACERO (p.m.l)	
3	1,45	0,80	0,30	0,40	0,40	0,75	0,30	2,27	2,23	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,48	5	18 cm	Nº4	1,48	5	18 cm	Nº3	3,10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	7	19 cm	73,37
4	2,30	0,80	0,40	0,40	0,60	1,30	0,40	3,08	2,20	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,33	5	18 cm	Nº4	2,33	5	18 cm	Nº3	4,10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	11	19 cm	136,35
5	3,25	0,85	0,50	0,45	0,85	1,90	0,50	3,82	2,29	Nº7	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	3,28	6	15 cm	Nº4	3,28	6	15 cm	Nº4	5,19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº5	12	26 cm	228,68
6	3,90	0,90	0,60	0,50	1,25	2,05	0,50	3,70	2,08	Nº7	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	3,93	6	15 cm	Nº4	3,93	6	15 cm	Nº4	6,91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	17	21 cm	352,35

Cs = 0,10		σadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)						
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	Kg DE ACERO (p.m.l)	
3	1,60	0,80	0,30	0,40	0,55	0,75	0,30	2,27	1,82	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,63	5	18 cm	Nº4	1,63	5	18 cm	Nº3	3,10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	8	18 cm	76,85
4	2,35	0,80	0,40	0,40	0,80	1,15	0,40	2,76	1,79	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,38	5	18 cm	Nº4	2,38	5	18 cm	Nº3	4,10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	12	18 cm	138,83
5	3,30	0,85	0,50	0,45	1,05	1,75	0,50	3,49	1,95	Nº7	1,78	4	22 cm	Nº7	5,26	4	22 cm	Nº4	3,33	6	15 cm	Nº4	3,33	6	15 cm	Nº4	5,19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº5	12	26 cm	246,35
6	3,85	0,90	0,60	0,50	1,55	1,70	0,55	3,20	1,72	Nº8	2,11	4	22 cm	Nº8	6,25	4	22 cm	Nº4	3,88	6	15 cm	Nº6	3,97	4	23 cm	Nº4	6,91	5	18 cm	Nº6	26	19 cm	Nº5	16	22 cm	395,11

Cs = 0,10		σadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)						
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	Kg DE ACERO (p.m.l)	
3	1,55	0,80	0,30	0,40	0,45	0,80	0,30	2,21	1,99	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,58	5	18 cm	Nº4	1,58	5	18 cm	Nº3	3,10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	7	21 cm	74,37
4	2,30	0,80	0,40	0,40	0,80	1,10	0,40	2,59	1,78	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,33	5	18 cm	Nº4	2,33	5	18 cm	Nº3	4,10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	11	19 cm	136,35
5	3,25	0,85	0,50	0,45	1,05	1,70	0,50	3,25	1,89	Nº7	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	3,28	6	15 cm	Nº4	3,28	6	15 cm	Nº4	5,19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº5	12	26 cm	228,68
6	3,90	0,90	0,60	0,50	1,55	1,75	0,50	3,08	1,68	Nº7	2,07	5	17 cm	Nº7	5,97	5	17 cm	Nº4	3,93	6	15 cm	Nº6	4,02	4	23 cm	Nº4	6,91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	17	21 cm	358,74

Cs = 0,10		σadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)						
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	Kg DE ACERO (p.m.l)	
3	1,70	0,80	0,30	0,40	0,60	0,80	0,30	2,20	1,63	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,73	5	18 cm	Nº4	1,73	5	18 cm	Nº3	3,10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	8	20 cm	77,85
4	2,50	0,80	0,40	0,40	0,90	1,20	0,40	2,66	1,60	Nº5	1,40	6	15 cm	Nº5	3,78	6	15 cm	Nº4	2,53	5	18 cm	Nº4	2,53	5	18 cm	Nº3	4,10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	12	19 cm	147,45
5	3,35	0,85	0,50	0,45	1,25	1,60	0,50	3,04	1,63	Nº7	1,78	5	17 cm	Nº6	4,72	5	17 cm	Nº4	3,38	6	15 cm	Nº4	3,38	7	13 cm	Nº4	5,19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº4	19	16 cm	245,27
6	4,10	0,90	0,60	0,50	1,70	1,80	0,50	3,07	1,54	Nº8	2,11	5	17 cm	Nº7	5,97	5	17 cm	Nº4	4,13	6	15 cm	Nº6	4,22	5	18 cm	Nº4	6,91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	17	22 cm	383,73

Cs = 0,10		σadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 20 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)						
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	Kg DE ACERO (p.m.l)	
3	1,75	0,80	0,40	0,40	0,55	0,80	0,40	2,45	1,70	Nº5	3,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,78	5	18 cm	Nº4	1,78	5	18 cm	Nº3	3,10	6	15 cm	Nº4	13	19 cm	Nº4	8	20 cm	101,84
4	2,45	0,80	0,45	0,40	0,90	1,10	0,45	2,70	1,60	Nº6	4,36	5	18 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,48	5	18 cm	Nº4	2,48	5	18 cm	Nº4	4,19	4	23 cm	Nº4	21	16 cm	Nº4	12	19 cm	158,08
5	3,35	0,85	0,50	0,45	1,20	1,65	0,50	3,27	1,72	Nº7	1,78	5	17 cm	Nº6	4,72	5	17 cm	Nº4	3,38	6	15 cm	Nº4	3,38	6	15 cm	Nº4	5,19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº4	19	16 cm	241,92
6	4,10	0,90	0,60	0,50	1,60	1,90	0,50	3,36	1,67	Nº8	2,11	5	17 cm	Nº7	5,97	5	17 cm	Nº4	4,13	6	15 cm	Nº6	4,22	4	23 cm	Nº4	6,91	5	18 cm	Nº6	26	19 cm	Nº5	17	22 cm	400,51

Cs = 0,10		σadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 20 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)						
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	Kg DE ACERO (p.m.l)	
3	1,90	0,80	0,40	0,40	0,60	0,90	0,40	2,47	1,56	Nº6	3,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,93	5	18 cm	Nº4	1,93	5	18 cm	Nº3	3,10	6	15 cm	Nº4	13	19 cm	Nº4	9	19 cm	105,32
4	2,70	0,80	0,45	0,40	0,95	1,30	0,45	2,82	1,53	Nº6	1,45	5	18 cm	Nº6	4,01	5	18 cm	Nº4	2,73	5	18 cm	Nº4	2,73	5	18 cm	Nº4	4,19	4	23 cm	Nº4	21	16 cm	Nº4	13	19 cm	173,13
5	3,50	0,90	0,50	0,45	1,40	1,60	0,50	3,01	1,51	Nº8	1,82	5	17 cm	Nº6	4,72	5	17 cm	Nº4	3,53	6	15 cm	Nº5	3,57	5	18 cm	Nº4	5,19	4	23 cm	Nº6	17	25 cm	Nº4	20	16 cm	275,91
6	4,35	1,00	0,60	0,50	1,80	1,95	0,50	3,21	1,52	Nº8	2,11	6	14 cm	Nº6	5,43	6	14 cm	Nº5	4,42	4	23 cm	Nº6	4,47	5	18 cm	Nº4	6,91	5	18 cm	Nº6	26	19 cm	Nº5	18	22 cm	409,51

Cs = 0,15		Oadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
FACTORES DE SEGURIDAD								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)					
3	1,55	0,80	0,30	0,40	0,45	0,80	0,30	2,21	2,09	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,58	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,58	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	7	21 cm	74,37	1,43	51,97	6,40%	7,92%
4	2,50	0,80	0,40	0,40	0,65	1,45	0,40	3,09	2,12	N <sup>5</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,53	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,53	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	12	19 cm	140,32	2,49	56,35	9,29%	11,26%
5	3,45	0,85	0,50	0,45	0,95	2,00	0,50	3,67	2,15	N <sup>7</sup>	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	3,48	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,48	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>5</sup>	13	25 cm	234,17	3,91	59,96	9,07%	9,98%
6	4,10	0,90	0,60	0,50	1,45	2,05	0,50	3,45	1,90	N <sup>7</sup>	2,07	5	17 cm	N <sup>7</sup>	5,97	5	17 cm	N <sup>4</sup>	4,13	6	15 cm	N <sup>5</sup>	4,17	5	18 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	17	22 cm	357,95	5,18	69,14	6,57%	8,83%

Cs = 0,15		Oadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
FACTORES DE SEGURIDAD								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)					
3	1,70	0,80	0,30	0,40	0,60	0,80	0,30	2,19	1,71	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,73	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,73	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	8	20 cm	77,85	1,49	52,11	6,82%	9,21%
4	2,60	0,80	0,40	0,40	0,80	1,40	0,40	2,92	1,80	N <sup>5</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,63	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,63	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	13	18 cm	143,30	2,53	56,60	8,67%	10,04%
5	3,50	0,85	0,50	0,45	1,15	1,85	0,50	3,35	1,84	N <sup>6</sup>	1,73	6	14 cm	N <sup>6</sup>	4,72	6	14 cm	N <sup>4</sup>	3,53	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,53	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>4</sup>	30	13 cm	N <sup>4</sup>	20	16 cm	249,84	3,93	63,59	16,39%	9,19%
6	4,20	0,90	0,60	0,50	1,65	1,95	0,50	3,25	1,68	N <sup>8</sup>	2,11	5	17 cm	N <sup>7</sup>	5,97	5	17 cm	N <sup>4</sup>	4,23	6	15 cm	N <sup>5</sup>	4,27	6	15 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>6</sup>	26	19 cm	N <sup>5</sup>	18	21 cm	406,29	5,23	77,68	20,54%	8,73%

Cs = 0,15		Oadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
FACTORES DE SEGURIDAD								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)					
3	1,65	0,80	0,30	0,40	0,60	0,75	0,30	2,03	1,75	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,68	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,68	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	8	19 cm	77,35	1,47	52,51	10,67%	11,09%
4	2,50	0,80	0,40	0,40	0,90	1,20	0,40	2,52	1,66	N <sup>5</sup>	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,53	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,53	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	12	19 cm	140,32	2,49	56,35	9,29%	11,26%
5	3,45	0,85	0,50	0,45	1,25	1,70	0,50	3,00	1,70	N <sup>7</sup>	1,78	4	22 cm	N <sup>7</sup>	5,26	4	22 cm	N <sup>4</sup>	3,48	6	15 cm	N <sup>4</sup>	3,48	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>5</sup>	13	25 cm	251,24	3,91	64,34	17,03%	9,98%
6	4,25	0,90	0,60	0,50	1,75	1,90	0,50	3,01	1,57	N <sup>8</sup>	2,11	5	17 cm	N <sup>7</sup>	5,97	5	17 cm	N <sup>4</sup>	4,28	6	15 cm	N <sup>6</sup>	4,37	5	18 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	18	22 cm	389,40	5,26	74,08	15,94%	10,48%

Cs = 0,15		Oadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
FACTORES DE SEGURIDAD								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)					
3	1,85	0,80	0,30	0,40	0,70	0,85	0,30	2,14	1,51	N <sup>4</sup>	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,88	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,88	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	4	24 cm	N <sup>4</sup>	9	29 cm	N <sup>4</sup>	9	19 cm	81,33	1,56	52,23	10,09%	10,43%
4	2,70	0,85	0,40	0,40	1,00	1,30	0,40	2,57	1,52	N <sup>6</sup>	1,45	5	18 cm	N <sup>6</sup>	4,01	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,73	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,73	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	18	19 cm	N <sup>4</sup>	13	19 cm	164,29	2,57	63,83	21,95%	9,86%
5	3,65	0,85	0,50	0,45	1,40	1,75	0,50	2,98	1,54	N <sup>7</sup>	1,78	5	17 cm	N <sup>6</sup>	4,72	5	17 cm	N <sup>4</sup>	3,68	6	15 cm	N <sup>5</sup>	3,72	5	18 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>4</sup>	21	15 cm	256,42	4,00	64,11	17,05%	9,72%
6	4,55	0,90	0,60	0,50	1,85	2,10	0,50	3,15	1,51	N <sup>7</sup>	2,07	7	12 cm	N <sup>6</sup>	5,43	7	12 cm	N <sup>5</sup>	4,62	5	18 cm	N <sup>6</sup>	4,67	5	18 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>5</sup>	29	17 cm	N <sup>5</sup>	19	22 cm	402,57	5,41	74,36	12,87%	10,74%

Cs = 0,15		Oadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 20 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
FACTORES DE SEGURIDAD								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)					
3	1,85	0,80	0,40	0,40	0,65	0,80	0,40	2,31	1,56	N <sup>5</sup>	3,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	1,88	5	18 cm	N <sup>4</sup>	1,88	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	13	19 cm	N <sup>4</sup>	9	19 cm	104,82	1,82	57,69	36,39%	25,14%
4	2,70	0,80	0,45	0,40	0,95	1,30	0,45	2,81	1,59	N <sup>6</sup>	4,36	5	18 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,73	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,73	5	18 cm	N <sup>3</sup>	4,10	4	23 cm	N <sup>4</sup>	21	16 cm	N <sup>4</sup>	13	19 cm	162,55	2,75	59,02	13,69%	15,47%
5	3,55	0,85	0,50	0,45	1,35	1,70	0,50	3,11	1,60	N <sup>8</sup>	1,82	4	22 cm	N <sup>7</sup>	5,26	4	22 cm	N <sup>4</sup>	3,58	6	15 cm	N <sup>5</sup>	3,62	5	18 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>5</sup>	20	21 cm	N <sup>4</sup>	20	16 cm	266,32	3,95	67,38	14,05%	7,73%
6	4,35	0,90	0,60	0,50	1,75	2,00	0,50	3,22	1,57	N <sup>8</sup>	2,11	6	14 cm	N <sup>6</sup>	5,43	6	14 cm	N <sup>4</sup>	4,38	6	15 cm	N <sup>6</sup>	4,47	5	18 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>6</sup>	26	19 cm	N <sup>5</sup>	18	22 cm	408,16	5,31	76,88	6,63%	7,44%

Cs = 0,15		Oadm = 100 KN/m <sup>2</sup>		Fy = 420 Mpa		fc = 21 Mpa		q = 20 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
FACTORES DE SEGURIDAD								RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																				
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1			1'			2			3			4			5			6			Kg DE ACERO (p.m.l)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m <sup>3</sup>	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)					
3	2,05	0,85	0,40	0,40	0,75	0,90	0,40	2,34	1,52	N <sup>5</sup>	3,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N <sup>4</sup>	2,08	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,08	5	18 cm	N <sup>3</sup>	3,10	6	15 cm	N <sup>4</sup>	13	19 cm	N <sup>4</sup>	10	19 cm	108,79	1,90	57,23	7,36%	8,38%
4	2,90	1,05	0,45	0,40	1,10	1,35	0,45	2,68	1,52	N <sup>6</sup>	1,45	5	18 cm	N <sup>6</sup>	4,01	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,93	5	18 cm	N <sup>4</sup>	2,93	6	15 cm	N <sup>4</sup>	4,19	4	23 cm	N <sup>4</sup>	21	16 cm	N <sup>4</sup>	14	19 cm	180,02	2,84	63,43	14,60%	8,86%
5	3,80	1,15	0,50	0,45	1,55	1,75	0,50	2,94	1,51	N <sup>8</sup>	1,82	5	17 cm	N <sup>6</sup>	4,72	5	17 cm	N <sup>4</sup>	3,63	6	15 cm	N <sup>5</sup>	3,67	6	15 cm	N <sup>4</sup>	5,19	4	23 cm	N <sup>6</sup>	17	25 cm	N <sup>5</sup>	14	26 cm	289,73	4,07	71,18	22,28%	8,84%
6	4,75	1,30	0,60	0,60	2,05	2,10	0,50	3,16	1,53	N <sup>8</sup>	2,19	6	14 cm	N <sup>6</sup>	5,36	6	14 cm	N <sup>5</sup>	4,82	5	18 cm	N <sup>7</sup>	4,91	4	22 cm	N <sup>4</sup>	6,91	5	18 cm	N <sup>6</sup>	25	20 cm	N <sup>5</sup>	25	17 cm	447,43	5,96	75,04	24,80%	16,77%

Cs = 0,00		σ <sub>adm</sub> = 200 KN/m <sup>2</sup>		F <sub>y</sub> = 420 Mpa		f <sub>c</sub> = 21 MPa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		1						1'						2						3						4						5						6								
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA											
3	1,20	0,80	0,30	0,40	0,30	0,80	0,30	2,23	2,46	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,23	5	18 cm	Nº4	1,23	5	18 cm	Nº3	3,10	4	32 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	6	18 cm	Nº4	6	18 cm	Nº4	6	18 cm	Nº4	6	18 cm	68,90	1,28	53,66											
4	1,60	0,80	0,40	0,40	0,40	0,80	0,40	2,21	2,10	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,63	5	18 cm	Nº4	1,63	5	18 cm	Nº3	4,10	6	18 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	8	18 cm	Nº4	8	18 cm	Nº4	8	18 cm	123,42	2,11	58,44														
5	2,00	0,80	0,50	0,40	0,50	1,00	0,45	2,19	1,90	Nº6	5,36	6	14 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,03	5	18 cm	Nº4	2,03	5	18 cm	Nº4	5,19	4	31 cm	Nº4	30	14 cm	Nº4	10	18 cm	Nº4	10	18 cm	195,82	3,03	64,73																	
6	2,40	0,85	0,60	0,45	0,60	1,20	0,50	2,17	1,82	Nº7	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,43	6	15 cm	Nº4	2,43	6	15 cm	Nº4	6,91	5	23 cm	Nº5	29	17 cm	Nº4	13	17 cm	Nº4	13	17 cm	307,53	4,19	73,46																	
7	2,85	0,90	0,70	0,50	1,00	1,15	0,60	2,16	1,65	Nº7	9,04	6	14 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº5	2,92	4	23 cm	Nº5	2,92	5	18 cm	Nº4	8,00	6	18 cm	Nº5	41	14 cm	Nº4	18	14 cm	Nº4	18	14 cm	424,81	5,72	74,25																	
8	3,60	0,90	0,80	0,55	1,20	1,60	0,65	2,15	1,75	Nº8	10,38	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº5	3,67	5	18 cm	Nº5	3,67	6	15 cm	Nº4	9,13	7	15 cm	Nº7	35	19 cm	Nº5	17	19 cm	Nº5	17	19 cm	607,97	7,48	81,28																	
9	4,05	1,10	0,80	0,70	1,50	1,75	0,65	2,53	1,71	Nº8	3,01	7	11 cm	Nº7	8,07	7	11 cm	Nº5	4,12	6	15 cm	Nº6	4,17	5	18 cm	Nº4	10,13	7	15 cm	Nº7	39	19 cm	Nº5	25	14 cm	Nº5	25	14 cm	731,72	8,99	81,35																	
10	4,80	1,10	1,00	0,80	1,65	2,15	0,65	2,86	1,79	Nº8	3,34	7	11 cm	Nº8	9,02	7	11 cm	Nº6	4,92	5	18 cm	Nº6	4,92	5	18 cm	Nº5	11,48	6	18 cm	Nº7	55	14 cm	Nº7	22	19 cm	Nº7	22	19 cm	1035,39	11,62	89,09																	

Cs = 0,00		σ <sub>adm</sub> = 200 KN/m <sup>2</sup>		F <sub>y</sub> = 420 Mpa		f <sub>c</sub> = 21 MPa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		α = 0 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		1						1'						2						3						4						5						6								
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA											
3	1,35	0,75	0,30	0,40	0,30	0,75	0,30	2,16	2,08	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,38	5	18 cm	Nº4	1,38	5	18 cm	Nº3	3,10	4	32 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	6	21 cm	Nº4	6	21 cm	Nº4	6	21 cm	70,39	1,35	52,26														
4	1,75	0,80	0,40	0,40	0,40	0,90	0,40	2,11	1,88	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,78	5	18 cm	Nº4	1,78	5	18 cm	Nº3	4,10	6	18 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	8	20 cm	Nº4	8	20 cm	124,91	2,19	57,43																	
5	2,15	0,80	0,50	0,40	0,50	1,15	0,45	2,11	1,79	Nº6	5,36	6	14 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,18	5	18 cm	Nº4	2,18	5	18 cm	Nº4	5,19	4	31 cm	Nº4	30	14 cm	Nº4	11	19 cm	Nº4	11	19 cm	199,30	3,09	64,54																	
6	2,55	0,85	0,60	0,45	0,85	1,10	0,60	2,04	1,62	Nº7	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,58	6	15 cm	Nº4	2,58	6	15 cm	Nº4	6,91	5	23 cm	Nº5	29	17 cm	Nº4	14	18 cm	Nº4	14	18 cm	311,31	4,53	69,65																	
7	3,20	0,90	0,70	0,50	1,00	1,50	0,65	2,37	1,71	Nº7	2,32	6	14 cm	Nº7	6,72	6	14 cm	Nº5	3,27	5	18 cm	Nº5	3,27	5	18 cm	Nº4	8,00	6	18 cm	Nº5	41	14 cm	Nº4	20	14 cm	Nº4	20	14 cm	434,20	6,07	71,56																	
8	3,80	1,00	0,80	0,60	1,25	1,75	0,65	2,54	1,72	Nº8	2,69	6	14 cm	Nº8	7,67	6	14 cm	Nº5	3,87	5	18 cm	Nº5	3,87	6	15 cm	Nº4	9,13	7	15 cm	Nº7	35	19 cm	Nº5	20	17 cm	Nº5	20	17 cm	658,57	7,76	84,62																	
9	4,50	1,10	0,90	0,70	1,45	2,15	0,65	2,81	1,80	Nº8	3,01	7	11 cm	Nº7	8,07	7	11 cm	Nº6	4,62	4	23 cm	Nº6	4,62	5	18 cm	Nº5	10,35	6	18 cm	Nº7	44	16 cm	Nº6	24	16 cm	Nº6	24	16 cm	825,64	9,74	84,77																	
10	5,25	1,20	1,00	0,80	1,65	2,60	0,65	3,09	1,88	Nº8	3,34	9	8 cm	Nº7	8,75	9	8 cm	Nº6	5,37	5	18 cm	Nº6	5,37	5	18 cm	Nº5	11,48	6	18 cm	Nº8	42	19 cm	Nº7	24	19 cm	Nº7	24	19 cm	1072,93	12,00	89,41																	

Cs = 0,00		σ <sub>adm</sub> = 200 KN/m <sup>2</sup>		F <sub>y</sub> = 420 Mpa		f <sub>c</sub> = 21 MPa		q = 0 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		1						1'						2						3						4						5						6								
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA											
3	1,25	0,80	0,30	0,40	0,30	0,85	0,30	2,18	2,26	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,28	5	18 cm	Nº4	1,28	5	18 cm	Nº3	3,10	4	32 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	6	19 cm	Nº4	6	19 cm	Nº4	6	19 cm	69,40	1,31	53,18														
4	1,65	0,80	0,40	0,40	0,40	0,85	0,40	2,13	1,92	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,68	5	18 cm	Nº4	1,68	5	18 cm	Nº3	4,10	6	18 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	8	19 cm	Nº4	8	19 cm	123,92	2,13	58,10																	
5	2,05	0,85	0,50	0,45	0,50	1,05	0,50	2,10	1,80	Nº7	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,08	6	15 cm	Nº4	2,08	6	15 cm	Nº4	5,19	4	31 cm	Nº5	20	21 cm	Nº4	11	17 cm	Nº4	11	17 cm	196,98	3,24	61,35																	
6	2,45	0,85	0,60	0,45	0,80	1,05	0,60	2,02	1,59	Nº7	8,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,48	6	15 cm	Nº4	2,48	6	15 cm	Nº4	6,91	5	23 cm	Nº5	29	17 cm	Nº4	14	15 cm	Nº4	14	15 cm	310,12	4,49	69,10																	
7	3,00	0,85	0,70	0,55	1,10	1,20	0,65	2,15	1,55	Nº7	9,04	6	14 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº5	3,07	5	18 cm	Nº5	3,07	5	18 cm	Nº4	8,00	6	18 cm	Nº5	41	14 cm	Nº4	19	14 cm	Nº4	19	14 cm	439,34	6,09	72,19																	
8	3,70	1,00	0,80	0,60	1,25	1,65	0,65	2,46	1,83	Nº8	2,69	6	14 cm	Nº8	7,67	6	14 cm	Nº5	3,77	5	18 cm	Nº5	3,77	6	15 cm	Nº4	9,22	5	23 cm	Nº5	29	17 cm	Nº4	15	17 cm	Nº4	15	17 cm	669,78	7,70	85,73																	
9	4,25	1,15	0,90	0,75	1,60	1,75	0,65	2,49	1,59	Nº8	3,05	7	11 cm	Nº7	8,03	7	11 cm	Nº6	4,37	5	18 cm	Nº6	4,37	5	18 cm	Nº5	10,35	6	18 cm	Nº7	44	16 cm	Nº7	18	21 cm	Nº7	18	21 cm	832,90	9,74	85,51																	
10	5,00	1,25	1,00	0,85	1,80	2,20	0,65	2,77	1,67	Nº8	3,37	8	9 cm	Nº7	8,71	8	9 cm	Nº6	5,12	5	18 cm	Nº7	5,16	4	22 cm	Nº5	11,48	6	18 cm	Nº8	42	19 cm	Nº7	25	17 cm	Nº7	25	17 cm	1038,85	12,01	86,49																	

Cs = 0,00		σ <sub>adm</sub> = 200 KN/m <sup>2</sup>		F <sub>y</sub> = 420 Mpa		f <sub>c</sub> = 21 MPa		q = 10 KN/m <sup>2</sup>		α = 10 °		RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA		Kg DE ACERO (p.m.l.)	m <sup>3</sup> DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m <sup>3</sup>																														
DIMENSIONES DEL MURO (m)												FACTORES DE SEGURIDAD		1						1'						2						3						4						5						6								
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	L (m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA											
3	1,40	0,80	0,30	0,40	0,30	0,80	0,30	2,10	1,98	Nº4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,43	5	18 cm	Nº4	1,43	5	18 cm	Nº3	3,10	4	32 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	7	18 cm	Nº4	7	18 cm	Nº4	7	18 cm	72,88	1,37	53,27														
4	1,80	0,80	0,40	0,40	0,40	0,95	0,40	2,02	1,73	Nº5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	1,83	5	18 cm	Nº4	1,83	5	18 cm	Nº3	4,10	6	18 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	9	18 cm	Nº4	9	18 cm	127,40	2,20	58,01																	
5	2,25	0,85	0,50	0,40	0,50	1,25	0,50	2,10	1,72	Nº7	1,74	4	22 cm	Nº7	5,00	4	22 cm	Nº4	2,28	6	15 cm	Nº4	2,28	6	15 cm	Nº4	5,19	4	31 cm	Nº4	30	14 cm	Nº4	11	19 cm	Nº4	11	19 cm	213,72	3,25	65,86																	
6	2,90	0,90	0,65	0,50	0,75	1,50	0,65	2,41	1,74	Nº8	8,36	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	Nº4	2,93	6	15 cm	Nº4	2,93	6	15 cm	Nº4	6,94	6	18 cm	Nº5	32	15 cm	Nº5	12	22 cm																							

DIMENSIONES DEL MURO (m)										RESISTENTES										RETRACCION Y TEMPERATURA																											
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.i)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.i)																			
3	1.70	0.80	0.30	0.40	0.30	0.70	0.30	2.20	2.37	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA																	
3	1.70	0.80	0.30	0.40	0.30	0.70	0.30	2.20	2.37	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.33	5	18	cm	Nº4	1.33	5	18	cm	Nº3	3.10	4	32	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	6	20	cm	69.90	1.33	52.71	1.44%	3.27%
4	1.70	0.80	0.40	0.40	0.45	0.85	0.40	2.09	1.97	Nº5	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.73	5	18	cm	Nº4	1.73	5	18	cm	Nº3	4.10	6	18	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	8	20	cm	124.42	2.15	57.76	0.81%	1.99%
5	2.10	0.80	0.50	0.40	0.60	1.00	0.45	2.01	1.75	Nº6	5.36	6	14	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.13	5	18	cm	Nº4	2.13	5	18	cm	Nº4	5.19	4	31	cm	Nº4	30	14	cm	Nº4	10	19	cm	196.82	3.07	64.17	0.51%	1.39%
6	2.55	0.80	0.60	0.45	0.75	1.20	0.50	2.04	1.67	Nº7	8.04	5	17	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.58	6	15	cm	Nº4	2.58	6	15	cm	Nº4	6.91	5	23	cm	Nº5	29	17	cm	Nº4	14	16	cm	311.31	4.26	73.12	1.23%	1.69%
7	3.15	0.90	0.70	0.50	1.05	1.40	0.60	2.22	1.65	Nº7	9.04	6	14	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº5	3.22	4	23	cm	Nº5	3.22	5	18	cm	Nº4	8.00	6	18	cm	Nº5	41	14	cm	Nº4	20	14	cm	432.97	5.88	73.65	1.92%	2.75%
8	3.90	0.90	0.80	0.60	1.20	1.90	0.65	2.57	1.75	Nº8	2.69	6	14	cm	Nº8	7.67	6	14	cm	Nº5	3.97	6	15	cm	Nº5	3.97	6	15	cm	Nº4	9.13	7	15	cm	Nº7	35	19	cm	Nº5	20	17	cm	664.44	7.82	84.94	9.29%	4.57%
9	4.50	1.15	0.80	0.75	1.60	2.10	0.65	2.63	1.74	Nº8	3.05	8	9	cm	Nº7	8.03	8	9	cm	Nº6	4.62	5	18	cm	Nº6	4.62	5	18	cm	Nº4	10.13	7	15	cm	Nº7	39	19	cm	Nº7	19	21	cm	825.41	9.53	86.66	12.80%	5.90%
10	5.20	1.10	1.00	0.85	1.85	2.35	0.65	2.80	1.72	Nº8	3.37	8	9	cm	Nº7	8.71	8	9	cm	Nº6	5.32	5	18	cm	Nº6	5.32	6	14	cm	Nº5	11.48	6	18	cm	Nº7	55	14	cm	Nº7	26	17	cm	1056.57	12.19	86.68	2.05%	4.89%

DIMENSIONES DEL MURO (m)										RESISTENTES										RETRACCION Y TEMPERATURA																											
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.i)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.i)																			
3	1.40	0.75	0.30	0.40	0.30	0.80	0.30	2.18	1.96	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA																	
3	1.40	0.75	0.30	0.40	0.30	0.80	0.30	2.18	1.96	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.43	5	18	cm	Nº4	1.43	5	18	cm	Nº3	3.10	4	32	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	7	19	cm	72.88	1.37	53.27	3.53%	1.56%
4	1.90	0.80	0.40	0.40	0.40	1.10	0.40	2.30	1.88	Nº5	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.93	5	18	cm	Nº4	1.93	5	18	cm	Nº3	4.10	6	18	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	9	19	cm	128.39	2.24	57.37	2.79%	2.90%
5	2.25	0.80	0.50	0.40	0.50	1.25	0.45	2.11	1.70	Nº6	5.36	6	14	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.28	6	15	cm	Nº4	2.28	5	18	cm	Nº4	5.19	4	31	cm	Nº4	30	14	cm	Nº4	11	19	cm	202.56	3.13	64.72	1.63%	1.36%
6	2.70	0.85	0.60	0.45	0.90	1.20	0.60	2.06	1.54	Nº7	2.03	5	17	cm	Nº7	6.01	5	17	cm	Nº4	2.73	6	15	cm	Nº4	2.73	5	18	cm	Nº4	6.91	5	23	cm	Nº5	29	17	cm	Nº4	15	16	cm	317.35	4.61	68.90	1.94%	1.56%
7	3.30	0.95	0.70	0.55	1.15	1.45	0.65	2.24	1.57	Nº8	2.40	5	17	cm	Nº8	6.96	5	17	cm	Nº5	3.37	5	18	cm	Nº5	3.37	6	15	cm	Nº4	8.00	6	18	cm	Nº5	40	14	cm	Nº5	15	20	cm	466.08	6.26	74.46	7.34%	3.16%
8	4.00	1.05	0.80	0.65	1.40	1.80	0.65	2.48	1.63	Nº8	2.72	7	11	cm	Nº7	7.36	7	11	cm	Nº5	4.07	6	15	cm	Nº5	4.12	5	18	cm	Nº4	9.13	7	15	cm	Nº7	35	18	cm	Nº5	23	15	cm	669.63	8.06	83.09	1.99%	3.86%
9	4.75	1.15	0.90	0.75	1.60	2.25	0.65	2.75	1.71	Nº8	3.05	8	9	cm	Nº7	8.03	8	9	cm	Nº6	4.87	5	18	cm	Nº6	4.87	5	18	cm	Nº5	10.35	6	18	cm	Nº7	44	16	cm	Nº7	20	21	cm	893.40	10.13	88.16	8.21%	4.05%
10	5.70	1.20	1.00	0.85	1.90	2.80	0.65	3.17	1.80	Nº8	3.37	9	8	cm	Nº7	8.71	9	8	cm	Nº6	5.82	5	18	cm	Nº7	5.86	4	22	cm	Nº5	11.48	6	18	cm	Nº8	42	19	cm	Nº8	21	24	cm	1110.52	12.64	87.89	3.50%	5.30%

DIMENSIONES DEL MURO (m)										RESISTENTES										RETRACCION Y TEMPERATURA																											
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.i)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.i)																			
3	1.35	0.80	0.30	0.40	0.35	0.70	0.30	2.08	2.09	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA																	
3	1.35	0.80	0.30	0.40	0.35	0.70	0.30	2.08	2.09	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.38	5	18	cm	Nº4	1.38	5	18	cm	Nº3	3.10	4	32	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	6	21	cm	70.39	1.35	52.26	1.43%	3.22%
4	1.80	0.80	0.40	0.40	0.45	0.95	0.40	2.07	1.82	Nº5	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.83	5	18	cm	Nº4	1.83	5	18	cm	Nº3	4.10	6	18	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	9	18	cm	127.40	2.20	58.01	2.81%	2.95%
5	2.30	0.85	0.50	0.40	0.50	1.30	0.50	2.16	1.80	Nº7	5.45	4	22	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.33	6	15	cm	Nº4	2.33	6	15	cm	Nº4	5.19	4	31	cm	Nº5	20	21	cm	Nº4	13	16	cm	205.94	3.36	61.26	3.50%	3.64%
6	2.75	0.85	0.60	0.45	0.85	1.30	0.60	2.08	1.58	Nº7	8.04	5	17	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.78	6	15	cm	Nº4	2.78	6	15	cm	Nº4	6.91	5	23	cm	Nº5	29	17	cm	Nº4	16	15	cm	317.67	4.63	68.62	2.44%	3.16%
7	3.30	1.00	0.70	0.60	1.25	1.35	0.65	2.11	1.51	Nº7	2.39	6	14	cm	Nº7	6.65	6	14	cm	Nº5	3.37	5	18	cm	Nº5	3.37	6	15	cm	Nº4	8.00	6	18	cm	Nº5	40	14	cm	Nº5	17	17	cm	450.96	6.40	70.47	2.64%	5.14%
8	4.00	1.10	0.80	0.70	1.50	2.00	0.65	2.33	1.54	Nº8	2.76	6	14	cm	Nº8	7.66	6	14	cm	Nº5	4.07	6	15	cm	Nº5	4.12	5	18	cm	Nº4	9.13	5	23	cm	Nº7	34	19	cm	Nº5	25	14	cm	690.38	8.23	83.86	4.64%	6.97%
9	4.75	1.20	0.90	0.80	1.75	2.10	0.65	2.55	1.59	Nº8	3.09	8	9	cm	Nº7	8.00	8	9	cm	Nº6	4.87	5	18	cm	Nº7	4.91	4	22	cm	Nº5	10.35	6	18	cm	Nº7	44	16	cm	Nº7	22	19	cm	911.27	10.35	88.09	9.41%	6.20%
10	5.45	1.35	1.00	0.95	2.15	2.30	0.65	2.85	1.59	Nº8	3.45	9	8	cm	Nº7	8.63	9	8	cm	Nº6	5.57	6	14	cm	Nº7	5.61	5	17	cm	Nº5	11.48	6	18	cm	Nº8	41	19	cm	Nº7	30	15	cm	1142.66	12.90	88.56	9.99%	7.42%

DIMENSIONES DEL MURO (m)										RESISTENTES										RETRACCION Y TEMPERATURA																											
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.i)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.i)																			
3	1.45	0.80	0.30	0.40	0.30	0.85	0.30	2.08	1.83	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA	BARRA L (m)	COLOC.	CADA																	
3	1.45	0.80	0.30	0.40	0.30	0.85	0.30	2.08	1.83	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.48	5	18	cm	Nº4	1.48	5	18	cm	Nº3	3.10	4	32	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	7	19	cm	73.37	1.39	52.83	0.68%	1.54%
4	1.90	0.80	0.40	0.40	0.45	1.05	0.40	2.04	1.63	Nº5	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.93	5	18	cm	Nº4	1.93	5	18	cm	Nº3	4.10	6	18	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	9	19	cm	128.39	2.24	57.37	0.78%	1.91%
5	2.40	0.85	0.50	0.40	0.55	1.35	0.50	2.12	1.61	Nº7	1.74	5	17	cm	Nº6	4.76	5	17	cm	Nº4	2.43	5	18	cm	Nº4	2.43	5	18	cm	Nº4	5.19	4	31	cm	Nº4	30	14	cm	Nº4	12	18	cm	216.34	3.31	65.40	1.23%	1.94%
6	3.00	0.90	0.65	0.50	0.90	1.45	0.65	2.25	1.55	Nº8	2.11	4	22	cm	Nº8	6.25	4	22	cm	Nº4	3.03	6	15	cm	Nº4	3.03	6	15																			

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																	
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1	1'	2	3	4	5	6	Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.)																			
3	1.40	0.80	0.30	0.40	0.30	0.80	0.30	2.17	2.27	N4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	1,43	5	18 cm	N4	1,43	5	18 cm	N3	3,10	4	32 cm	N4	9	29 cm	N4	7	18 cm	72,88	1,37	53,27	5,77%	6,54%
4	1.85	0.80	0.40	0.40	0.40	1,00	0,40	2,10	1,92	N5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	1,88	5	18 cm	N4	1,88	5	18 cm	N3	4,10	6	18 cm	N4	18	19 cm	N4	9	19 cm	127,90	2,22	57,69	3,62%	4,97%
5	2.30	0.80	0.50	0.40	0.60	1,20	0,45	2,05	1,73	N6	5,36	6	14 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	2,33	5	18 cm	N4	2,33	5	18 cm	N4	5,19	4	31 cm	N4	30	14 cm	N4	11	19 cm	200,79	3,15	63,72	2,54%	4,17%
6	2.75	0.85	0.60	0.45	0.80	1,35	0,50	2,01	1,62	N7	6,04	5	17 cm	0	0,00	0	0 cm	N5	2,82	5	18 cm	N4	2,78	6	15 cm	N4	6,91	5	23 cm	N5	29	17 cm	N4	15	16 cm	322,01	4,35	73,99	4,71%	3,95%
7	3.60	0.90	0.70	0.50	1,05	1,85	0,60	2,46	1,73	N7	2,32	6	14 cm	N7	6,72	6	14 cm	N6	3,67	6	15 cm	N5	3,67	5	18 cm	N4	8,00	6	18 cm	N5	41	14 cm	N4	23	14 cm	452,07	6,12	73,93	6,42%	6,88%
8	4.35	0.90	0.80	0.60	1,25	2,30	0,65	2,71	1,77	N8	2,69	6	14 cm	N8	6,72	6	14 cm	N6	4,47	5	18 cm	N5	4,42	6	15 cm	N4	9,13	7	15 cm	N7	35	19 cm	N5	23	17 cm	680,87	8,11	85,23	13,64%	8,36%
9	4.75	1.25	0.80	0.85	1,90	2,05	0,65	2,45	1,62	N8	3,12	8	9 cm	N7	7,96	8	9 cm	N6	4,87	5	18 cm	N7	4,91	4	22 cm	N4	10,13	7	15 cm	N7	38	19 cm	N7	23	18 cm	855,28	10,15	84,28	16,89%	12,83%
10	5.70	1.10	1.00	0.90	1,95	2,70	0,65	2,84	1,71	N8	3,41	9	8 cm	N7	8,87	9	8 cm	N6	5,82	6	14 cm	N6	5,82	6	14 cm	N5	11,48	6	18 cm	N7	54	14 cm	N7	30	16 cm	1141,08	12,89	88,50	10,21%	10,94%

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																	
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1	1'	2	3	4	5	6	Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.)																			
3	1.50	0.75	0.30	0.40	0.30	0,90	0,30	2,14	1,88	N4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	1,53	5	18 cm	N4	1,53	5	18 cm	N3	3,10	4	32 cm	N4	9	29 cm	73,87	1,41	52,39	4,94%	4,68%			
4	2.00	0.80	0.40	0.40	0.40	1,20	0,40	2,18	1,79	N5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	2,03	5	18 cm	N4	2,03	5	18 cm	N3	4,10	6	18 cm	N4	18	19 cm	N4	10	18 cm	131,38	2,28	57,62	5,17%	4,83%
5	2.40	0.80	0.50	0.40	0.60	1,30	0,45	2,02	1,59	N6	1,70	6	14 cm	N6	4,76	6	14 cm	N5	2,47	4	23 cm	N4	2,43	5	18 cm	N4	5,19	4	31 cm	N4	30	14 cm	N4	12	18 cm	219,25	3,19	68,66	10,01%	3,40%
6	3.00	0.85	0.60	0.45	0.90	1,50	0,60	2,17	1,57	N7	2,03	6	14 cm	N6	5,47	6	14 cm	N5	3,07	5	18 cm	N5	3,07	5	18 cm	N4	6,91	5	23 cm	N5	29	17 cm	N4	17	16 cm	318,09	4,75	67,00	12,13%	4,69%
7	3.60	0.95	0.70	0.60	1,25	1,85	0,65	2,26	1,54	N8	2,44	6	14 cm	N7	6,65	6	14 cm	N6	3,67	5	18 cm	N5	3,67	6	15 cm	N4	8,00	6	18 cm	N5	40	14 cm	N5	19	17 cm	477,43	6,59	72,47	9,98%	8,58%
8	4.35	1.10	0.80	0.70	1,55	2,00	0,65	2,48	1,59	N8	2,76	7	11 cm	N7	7,32	7	11 cm	N6	4,42	6	15 cm	N6	4,42	5	18 cm	N4	9,13	7	15 cm	N7	34	19 cm	N5	27	14 cm	683,43	8,49	80,50	4,09%	9,42%
9	5.00	1.20	0.90	0.85	1,90	2,20	0,65	2,55	1,57	N8	3,12	8	9 cm	N7	7,96	8	9 cm	N6	5,12	5	18 cm	N6	5,12	6	14 cm	N5	10,35	6	18 cm	N7	44	16 cm	N7	25	17 cm	941,52	10,78	87,35	14,04%	10,66%
10	6.35	1.30	1.00	0.95	2,55	2,80	0,65	3,20	1,70	N8	3,45	10	7 cm	N7	8,83	10	7 cm	N6	6,47	6	14 cm	N7	6,51	5	17 cm	N5	11,48	6	18 cm	N8	41	19 cm	N7	35	15 cm	1239,49	13,80	89,82	15,52%	15,00%

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																	
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1	1'	2	3	4	5	6	Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.)																			
3	1.50	0.80	0.30	0.40	0.35	0,85	0,30	2,13	2,03	N4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	1,53	5	18 cm	N4	1,53	5	18 cm	N3	3,10	4	32 cm	N4	9	29 cm	73,87	1,41	52,39	6,45%	8,05%			
4	2.00	0.80	0.40	0.40	0.45	1,15	0,40	2,13	1,79	N5	4,27	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	2,03	5	18 cm	N4	2,03	5	18 cm	N3	4,10	6	18 cm	N4	18	19 cm	N4	10	18 cm	131,38	2,28	57,62	6,02%	6,89%
5	2.50	0.85	0.50	0.45	0.55	1,45	0,50	2,11	1,71	N7	5,45	4	22 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	2,53	6	15 cm	N4	2,53	6	15 cm	N4	5,19	4	31 cm	N5	20	21 cm	N4	14	16 cm	210,32	3,46	60,85	5,69%	6,56%
6	3.00	0.90	0.60	0.50	0.95	1,45	0,60	2,04	1,52	N7	2,07	5	17 cm	N7	5,97	5	17 cm	N6	3,07	5	18 cm	N5	3,07	5	18 cm	N4	6,91	5	23 cm	N5	29	17 cm	N4	19	14 cm	333,64	4,88	68,44	7,59%	8,63%
7	3.70	1.00	0.70	0.60	1,30	1,70	0,65	2,21	1,51	N8	2,44	6	14 cm	N7	6,65	6	14 cm	N6	3,77	5	18 cm	N5	3,77	6	15 cm	N4	8,00	6	18 cm	N5	40	14 cm	N5	19	17 cm	479,14	6,65	72,04	9,08%	9,28%
8	4.40	1.15	0.80	0.75	1,65	1,95	0,65	2,33	1,51	N8	2,80	7	11 cm	N7	7,28	7	11 cm	N6	4,52	5	18 cm	N6	4,52	5	18 cm	N5	9,22	5	23 cm	N7	34	19 cm	N7	19	20 cm	733,39	8,72	84,09	11,16%	13,32%
9	5.30	1.25	0.95	0.85	1,90	2,45	0,65	2,63	1,58	N8	3,12	8	9 cm	N7	7,96	8	9 cm	N6	5,42	5	18 cm	N7	5,46	4	22 cm	N5	10,42	6	18 cm	N7	46	15 cm	N7	26	18 cm	961,55	11,25	85,47	15,45%	15,50%
10	6.10	1.40	1.05	1.00	2,25	2,80	0,65	2,78	1,81	N8	3,49	10	7 cm	N7	8,80	10	7 cm	N6	6,22	6	14 cm	N7	6,26	5	17 cm	N5	11,55	6	18 cm	N8	43	18 cm	N8	27	19 cm	1250,86	14,06	89,00	20,41%	17,02%

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																	
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1	1'	2	3	4	5	6	Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.)																			
3	1.60	0.80	0.30	0.40	0.30	1,00	0,30	2,11	1,77	N4	3,19	6	15 cm	0	0,00	0	0 cm	N4	1,63	5	18 cm	N4	1,63	5	18 cm	N3	3,10	4	32 cm	N4	9	29 cm	76,85	1,45	52,93	5,48%	6,14%			
4	2.10	0.80	0.40	0.40	0.45	1,25	0,40	2,07	1,60	N5	1,40	6	15 cm	N5	3,78	6	15 cm	N4	2,13	5	18 cm	N4	2,13	5	18 cm	N3	4,10	6	18 cm	N4	18	19 cm	N4	10	19 cm	139,50	2,32	60,08	9,50%	5,74%
5	2.65	0.85	0.50	0.40	0.55	1,60	0,50	2,14	1,59	N7	1,74	5	17 cm	N6	4,76	5	17 cm	N5	2,72	6	15 cm	N4	2,58	5	18 cm	N4	5,19	4	31 cm	N4	30	14 cm	N4	13	18 cm	225,74	3,41	66,14	5,62%	5,18%
6	3.30	0.90	0.65	0.50	0.95	1,70	0,65	2,26	1,51	N7	2,11	5	17 cm	N7	5,97	5	17 cm	N6	3,42	4	23 cm	N5	3,37	5	18 cm	N4	6,94	6	18 cm	N5	32	15 cm	N5	14	22 cm	375,74	5,31	70,79	6,65%	4,12%
7	4.05	1.00	0.70	0.60	1,20	2,15	0,65	2,48	1,56	N8	2,44	7	11 cm	N6	6,11	7	11 cm	N6	4,17	5	18 cm	N5	4,12	6	15 cm	N4	8,00	6	18 cm	N5	40	14 cm	N5	21	17 cm	498,82	6,67	71,28	5,15%	4,92%
8	4.75	1.15	0.85	0.75	1,60	2,30	0,65	2,55	1,53	N8	2,80	7	11 cm	N7	7,28	7	11 cm	N6	4,87	5	18 cm	N6	4,87	5	18 cm	N5	9,29	5	23 cm	N7	36	18 cm	N7	20	21 cm	759,97	8,19	82,80	13,68%	13,89%
9	5.65	1.25	0.90	0.85	2,00	2,85	0,65	3,49	1,63	N8	3,12	10	7 cm	N6	7,42	10	7 cm	N6	6,67	5	18 cm	N7	6,71	4	22 cm	N5	10,35	6	18 cm	N8	33	22 cm	N7	32	18 cm	1006,71	12,16	82,77	12,68%	20,13%
10	6.50	1.45	1.10	1.05	2,50	2,90	0,65	2,93	1,57	N8	3,52	10	7 cm	N7	8,56	10	7 cm	N7	6,66	5	17 cm	N7	6,66	5	17 cm	N5	11,61	7	14 cm	N8	45	17 cm	N8	31	18 cm	1341,60	15,00	89,46	25,00%	19,11%

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA														
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1	1'	2	3	4	5	6	Kg DE ACERO (p.m.)	m3 DE CONCRETO (p.m.)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.)																
3	1.55	0.80	0.30	0.40	0.30	0,95	0,30	2,07	1,72	N4	1,11	7	13 cm	N4	2,80	7	13 cm	N4	1,58	5	18 cm	N4	1,58	5	18 cm	N3	3,10	4	32 cm	N4	9	29 cm	82,02	1,43	57,32	11,79%	3,02%
4	2.05	0.80	0.40	0.40	0.40	1,25	0,40	2,11	1,64	N5	1,40	7	12 cm	N5	4,78	7	12 cm	N4	2,08																		



DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA						Kg DE ACERO (p.m.l.)	m3 DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m3							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		6		6												
BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA									
3	1.20	0.80	0.30	0.40	0.30	0.60	0.30	2.23	2.46	Nº4	3.19	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.23	5	18 cm	Nº4	1.23	5	18 cm	Nº3	3.10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	6	18 cm	68.90	1.28	53.66
4	1.60	0.80	0.40	0.40	0.40	0.80	0.40	2.21	2.10	Nº5	4.27	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.63	5	18 cm	Nº4	1.63	5	18 cm	Nº3	4.10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	8	18 cm	123.42	2.11	58.44
5	2.00	0.85	0.50	0.45	0.50	1.00	0.50	2.21	1.97	Nº7	5.45	4	22 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.03	6	15 cm	Nº4	2.03	6	15 cm	Nº4	5.19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº5	7	28 cm	198.25	3.22	61.57
6	2.40	0.90	0.60	0.50	0.60	1.20	0.50	2.18	1.86	Nº7	8.04	5	17 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.43	6	15 cm	Nº4	2.43	6	15 cm	Nº4	6.91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	10	22 cm	312.73	4.29	72.98
7	2.80	0.90	0.70	0.50	0.70	1.40	0.55	2.17	1.77	Nº7	9.04	6	14 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº5	2.87	5	18 cm	Nº4	2.83	6	15 cm	Nº4	8.00	6	15 cm	Nº5	41	14 cm	Nº5	12	21 cm	424.60	5.53	76.75
8	3.20	0.95	0.80	0.55	0.80	1.60	0.65	2.17	1.75	Nº8	10.36	5	17 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº5	3.27	6	15 cm	Nº5	3.27	5	18 cm	Nº5	9.22	5	18 cm	Nº6	47	13 cm	Nº5	15	19 cm	600.10	7.25	82.78
9	3.60	1.10	0.90	0.70	0.90	1.80	0.75	2.18	1.77	Nº8	3.01	6	14 cm	Nº8	8.35	6	14 cm	Nº6	3.72	5	18 cm	Nº6	3.72	4	23 cm	Nº6	10.46	4	23 cm	Nº7	44	16 cm	Nº5	22	14 cm	780.34	9.49	82.20
10	4.15	1.20	1.00	0.80	1.15	2.00	0.80	2.30	1.76	Nº8	3.34	7	11 cm	Nº8	9.02	7	11 cm	Nº6	4.27	5	18 cm	Nº6	4.27	5	18 cm	Nº6	11.57	4	23 cm	Nº7	55	14 cm	Nº7	19	19 cm	999.14	11.77	84.92

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA						Kg DE ACERO (p.m.l.)	m3 DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m3							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		6		6												
BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA									
3	1.35	0.80	0.30	0.40	0.30	0.75	0.30	2.16	2.15	Nº4	3.19	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.38	5	18 cm	Nº4	1.38	5	18 cm	Nº3	3.10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	6	20 cm	70.39	1.35	52.26
4	1.75	0.80	0.40	0.40	0.40	0.95	0.40	2.13	1.92	Nº5	4.27	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.78	5	18 cm	Nº4	1.78	5	18 cm	Nº3	4.10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	8	21 cm	124.91	2.18	57.43
5	2.10	0.85	0.50	0.45	0.60	1.00	0.50	2.00	1.74	Nº7	5.45	4	22 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.13	6	15 cm	Nº4	2.13	6	15 cm	Nº4	5.19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº4	12	15 cm	201.57	3.27	61.69
6	2.50	0.90	0.60	0.50	0.60	1.25	0.50	2.01	1.70	Nº7	8.04	5	17 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.53	6	15 cm	Nº4	2.53	6	15 cm	Nº4	6.91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	10	23 cm	313.92	4.34	72.37
7	2.90	0.90	0.70	0.50	0.70	1.50	0.55	2.03	1.67	Nº7	9.04	6	14 cm	Nº7	6.72	6	14 cm	Nº6	2.97	6	15 cm	Nº4	2.93	6	15 cm	Nº4	8.00	6	15 cm	Nº5	41	14 cm	Nº5	12	22 cm	426.04	5.59	76.28
8	3.30	1.00	0.80	0.60	0.80	1.70	0.65	2.05	1.68	Nº8	10.36	6	14 cm	Nº7	7.40	6	14 cm	Nº6	3.42	5	18 cm	Nº5	3.37	5	18 cm	Nº5	9.22	5	18 cm	Nº6	47	13 cm	Nº5	17	17 cm	602.60	7.44	80.95
9	3.80	1.15	0.90	0.75	1.05	1.85	0.75	2.14	1.69	Nº8	3.05	7	11 cm	Nº7	8.03	7	11 cm	Nº6	3.92	5	18 cm	Nº6	3.92	5	18 cm	Nº6	10.46	4	23 cm	Nº7	44	16 cm	Nº5	25	13 cm	788.00	9.80	80.42
10	4.25	1.35	1.00	0.95	1.45	2.00	0.80	2.13	1.63	Nº8	3.45	8	9 cm	Nº7	8.63	8	9 cm	Nº6	4.37	6	14 cm	Nº6	4.37	6	14 cm	Nº6	11.57	4	23 cm	Nº7	54	14 cm	Nº7	23	16 cm	1015.84	12.38	82.03

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA						Kg DE ACERO (p.m.l.)	m3 DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m3							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		6		6												
BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA									
3	1.25	0.80	0.30	0.40	0.30	0.65	0.30	2.18	2.26	Nº4	3.19	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.28	5	18 cm	Nº4	1.28	5	18 cm	Nº3	3.10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	6	19 cm	69.40	1.31	53.18
4	1.65	0.80	0.40	0.40	0.40	0.85	0.40	2.13	1.92	Nº5	4.27	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.68	5	18 cm	Nº4	1.68	5	18 cm	Nº3	4.10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	8	19 cm	123.92	2.13	58.10
5	2.05	0.85	0.50	0.45	0.60	1.05	0.50	2.10	1.80	Nº7	5.45	4	22 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.08	6	15 cm	Nº4	2.08	6	15 cm	Nº4	5.19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº4	11	17 cm	198.98	3.24	61.35
6	2.45	0.90	0.60	0.50	0.60	1.25	0.50	2.06	1.69	Nº7	8.04	5	17 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.48	6	15 cm	Nº4	2.48	6	15 cm	Nº4	6.91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	10	23 cm	313.32	4.31	72.68
7	2.85	0.90	0.70	0.50	0.70	1.45	0.55	2.04	1.61	Nº7	9.04	6	14 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.88	8	11 cm	Nº4	2.88	6	15 cm	Nº4	8.00	6	15 cm	Nº5	41	14 cm	Nº5	12	22 cm	425.50	5.56	76.55
8	3.35	0.95	0.80	0.55	0.80	1.75	0.65	2.15	1.64	Nº8	10.36	6	14 cm	Nº7	7.43	6	14 cm	Nº6	3.47	5	18 cm	Nº4	3.38	7	13 cm	Nº4	9.13	7	13 cm	Nº7	35	19 cm	Nº5	16	19 cm	591.96	7.34	80.69
9	3.85	1.10	0.90	0.70	0.95	2.00	0.75	2.23	1.67	Nº8	3.01	7	11 cm	Nº7	8.07	7	11 cm	Nº7	4.01	4	22 cm	Nº6	3.97	4	23 cm	Nº6	10.46	4	23 cm	Nº7	44	16 cm	Nº5	23	14 cm	779.76	9.68	80.58
10	4.50	1.20	1.00	0.80	1.10	2.40	0.80	2.44	1.73	Nº8	3.34	8	9 cm	Nº7	8.75	8	9 cm	Nº6	4.62	6	14 cm	Nº6	4.62	5	18 cm	Nº6	11.57	4	23 cm	Nº7	55	14 cm	Nº6	28	13 cm	1002.52	12.06	83.13

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA						Kg DE ACERO (p.m.l.)	m3 DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m3							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		6		6												
BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	L(m)	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA	BARRA	COLOC.	CADA									
3	1.40	0.80	0.30	0.40	0.30	0.80	0.30	2.10	1.98	Nº4	3.19	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.43	5	18 cm	Nº4	1.43	5	18 cm	Nº3	3.10	4	24 cm	Nº4	9	29 cm	Nº4	7	18 cm	72.88	1.37	53.27
4	1.80	0.80	0.40	0.40	0.40	0.95	0.40	2.02	1.73	Nº5	4.27	6	15 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	1.83	5	18 cm	Nº4	1.83	5	18 cm	Nº3	4.10	6	15 cm	Nº4	18	19 cm	Nº4	9	18 cm	127.40	2.20	58.01
5	2.25	0.85	0.50	0.45	0.60	1.25	0.50	2.10	1.72	Nº7	5.45	4	22 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.28	6	15 cm	Nº4	2.28	6	15 cm	Nº4	5.19	4	23 cm	Nº5	20	21 cm	Nº5	8	27 cm	204.33	3.34	61.21
6	2.65	0.90	0.60	0.50	0.60	1.45	0.50	2.06	1.64	Nº8	8.04	5	17 cm	0	0.00	0	0 cm	Nº4	2.68	7	13 cm	Nº4	2.68	6	15 cm	Nº4	6.91	5	18 cm	Nº5	29	17 cm	Nº5	11	22 cm	300.99	4.42	68.16
7	3.05	0.95	0.70	0.55	0.70	1.65	0.55	2.03	1.60	Nº8	9.04	6	14 cm	Nº7	6.68	6	14 cm	Nº6	3.17	5	18 cm	Nº4	3.08	7	13 cm	Nº4	8.00	6	15 cm	Nº5	41	14 cm	Nº5	14	20 cm	458.87	5.79	79.22
8	3.45	1.05	0.80	0.65	0.80	1.75	0.65	2.01	1.55	Nº8	2.72	7	11 cm	Nº7	7.36	7	11 cm	Nº6	3.57	5	18 cm	Nº6	3.57	4	23 cm	Nº4	9.13	7	13 cm	Nº8	26	26 cm	Nº5	19	16 cm	638.69	7.68	83.13
9	4.10	1.15	0.90	0.75	1.05	2.15	0.75	2.24	1.64	Nº8	3.05	8	9 cm	Nº7	8.03	8	9 cm	Nº6	4.22	6	14 cm	Nº6	4.22	5	18 cm	Nº6	10.46	4	23 cm	Nº7	44	16 cm	Nº5	27	13 cm	847.50	10.04	84.45
10	4.65	1.35	1.00	0.95	1.40	2.25	0.80	2.31	1.63	Nº8	3.45	10	7 cm	Nº7	8.63	10	7 cm	Nº6	4.77	6	14 cm	Nº6	4.77	6	14 cm	Nº6	11.57	4	23 cm	Nº7	54	14 cm	Nº7	26	15 cm	1126.12	12.78	86.09

DIMENSIONES DEL MURO (m)											RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA						Kg DE ACERO (p.m.l.)	m3 DE CONCRETO (p.m.l.)	Kg/m3
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC																								





DIMENSIONES DEL MURO (m)												RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																											
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.l)	m3 DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)																							
3	1.50	0.80	0.30	0.40	0.35	0.85	0.30	2.12	2.13	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.53	5	18	cm	Nº4	1.53	5	18	cm	Nº3	3.10	4	24	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	10	18	cm	Nº4	7	20	cm	73.87	1.41	52.39	7.21%	9.81%
4	2.00	0.80	0.40	0.40	0.50	1.10	0.40	2.09	1.83	Nº4	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.03	5	18	cm	Nº4	2.03	5	18	cm	Nº3	4.10	6	15	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	10	18	cm	131.38	2.28	57.62	6.44%	7.95%				
5	2.50	0.85	0.50	0.45	0.60	1.40	0.50	2.09	1.75	Nº7	5.45	4	22	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.53	6	15	cm	Nº4	2.53	6	15	cm	Nº4	5.19	4	23	cm	Nº5	20	21	cm	Nº5	9	27	cm	210.42	3.46	60.88	6.14%	7.34%				
6	3.00	0.90	0.60	0.50	0.70	1.70	0.50	2.08	1.68	Nº7	2.07	5	17	cm	Nº7	5.97	5	17	cm	Nº4	3.03	9	9	cm	Nº4	3.03	6	15	cm	Nº4	6.91	5	18	cm	Nº5	29	17	cm	Nº5	13	21	cm	333.68	4.60	72.54	6.70%	7.35%				
7	3.50	0.90	0.70	0.50	0.75	2.05	0.55	2.08	1.64	Nº8	2.36	5	17	cm	Nº7	6.72	5	17	cm	Nº7	3.66	5	17	cm	Nº4	3.53	6	15	cm	Nº5	8.18	4	23	cm	Nº7	26	23	cm	Nº5	15	21	cm	485.32	5.90	82.26	14.30%	6.64%				
8	4.00	1.05	0.85	0.65	0.95	2.20	0.65	2.07	1.62	Nº8	2.72	6	14	cm	Nº8	7.63	6	14	cm	Nº7	4.16	5	17	cm	Nº6	4.12	4	23	cm	Nº5	9.29	5	18	cm	Nº7	37	17	cm	Nº5	22	16	cm	719.04	8.24	87.24	19.82%	13.70%				
9	4.60	1.25	1.00	0.85	1.15	2.45	0.75	2.15	1.65	Nº8	3.12	7	11	cm	Nº8	8.23	7	11	cm	Nº7	4.76	5	17	cm	Nº6	4.72	5	18	cm	Nº6	10.57	4	23	cm	Nº8	37	19	cm	Nº8	17	24	cm	970.71	11.24	86.39	24.39%	18.36%				
10	5.30	1.40	1.15	1.00	1.45	2.70	0.80	2.27	1.66	Nº8	3.49	8	9	cm	Nº8	8.87	8	9	cm	Nº7	5.46	5	17	cm	Nº6	5.42	6	14	cm	Nº6	11.77	5	18	cm	Nº8	47	16	cm	Nº7	31	14	cm	1249.35	14.34	87.12	25.04%	21.88%				

DIMENSIONES DEL MURO (m)												RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.l)	m3 DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)																			
3	1.60	0.80	0.30	0.40	0.35	0.95	0.30	2.07	1.81	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.63	5	18	cm	Nº4	1.63	5	18	cm	Nº3	3.10	4	24	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	8	18	cm	76.85	1.45	52.93	9.18%	7.80%
4	2.10	0.80	0.40	0.40	0.50	1.20	0.40	2.05	1.64	Nº5	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.13	5	18	cm	Nº4	2.13	5	18	cm	Nº3	4.10	6	15	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	10	19	cm	132.37	2.32	57.01	5.97%	6.76%
5	2.60	0.85	0.50	0.45	0.60	1.50	0.50	2.05	1.61	Nº7	1.78	5	17	cm	Nº6	4.72	5	17	cm	Nº4	2.63	7	13	cm	Nº4	2.63	6	15	cm	Nº4	5.19	4	23	cm	Nº5	20	21	cm	Nº4	15	15	cm	227.63	3.50	64.97	12.93%	7.23%
6	3.10	0.90	0.60	0.50	0.70	1.80	0.50	2.04	1.56	Nº7	2.07	6	14	cm	Nº6	5.43	6	14	cm	Nº6	3.22	5	18	cm	Nº4	3.13	6	15	cm	Nº4	6.91	5	18	cm	Nº5	29	17	cm	Nº5	13	22	cm	331.78	4.65	71.31	5.69%	7.26%
7	3.60	1.00	0.70	0.60	0.95	1.95	0.55	2.02	1.51	Nº8	2.44	6	14	cm	Nº7	6.65	6	14	cm	Nº7	3.76	4	22	cm	Nº5	3.67	5	18	cm	Nº4	8.00	6	15	cm	Nº5	40	14	cm	Nº5	18	18	cm	487.44	6.27	77.77	14.41%	12.23%
8	4.30	1.20	0.80	0.80	1.40	2.10	0.65	2.16	1.52	Nº8	2.84	7	11	cm	Nº7	7.25	7	11	cm	Nº6	4.42	5	18	cm	Nº6	4.42	5	18	cm	Nº4	9.13	7	13	cm	Nº7	34	19	cm	Nº8	15	26	cm	727.03	8.83	82.32	20.65%	18.85%
9	4.85	1.35	0.95	0.95	1.60	2.30	0.75	2.18	1.53	Nº8	3.20	8	9	cm	Nº7	7.88	8	9	cm	Nº6	4.97	6	14	cm	Nº6	4.97	6	14	cm	Nº6	10.51	4	23	cm	Nº7	46	15	cm	Nº8	20	21	cm	966.13	11.68	82.71	22.61%	19.20%
10	5.55	1.50	1.15	1.10	1.75	2.85	0.80	2.31	1.59	Nº8	3.56	9	8	cm	Nº7	8.52	9	8	cm	Nº7	5.71	5	17	cm	Nº7	5.71	5	17	cm	Nº6	11.77	5	18	cm	Nº8	47	16	cm	Nº8	27	17	cm	1261.80	15.09	83.63	24.21%	21.83%

DIMENSIONES DEL MURO (m)												RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.l)	m3 DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)																			
3	1.65	0.80	0.30	0.40	0.30	1.05	0.30	2.16	1.98	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.68	5	18	cm	Nº4	1.68	5	18	cm	Nº3	3.10	4	24	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	8	19	cm	77.35	1.47	52.51	11.46%	12.87%
4	2.20	0.80	0.40	0.40	0.45	1.35	0.40	2.13	1.73	Nº5	4.27	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	2.23	5	18	cm	Nº4	2.23	5	18	cm	Nº3	4.10	6	15	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	11	18	cm	135.35	2.36	57.26	9.22%	10.83%
5	2.70	0.85	0.50	0.45	0.70	1.50	0.50	2.03	1.56	Nº7	1.78	4	22	cm	Nº7	5.26	4	22	cm	Nº4	2.73	7	13	cm	Nº4	2.73	6	15	cm	Nº4	5.19	4	23	cm	Nº5	20	21	cm	Nº4	15	16	cm	234.48	3.55	66.04	17.84%	9.47%
6	3.25	0.90	0.60	0.50	0.75	1.90	0.50	2.04	1.53	Nº7	2.07	6	14	cm	Nº6	5.43	6	14	cm	Nº6	3.27	5	18	cm	Nº4	3.28	6	15	cm	Nº4	6.91	5	18	cm	Nº5	29	17	cm	Nº4	21	13	cm	335.75	4.73	70.96	7.16%	9.74%
7	3.80	1.15	0.70	0.60	1.00	2.10	0.55	2.02	1.51	Nº8	2.44	6	14	cm	Nº7	6.65	6	14	cm	Nº6	3.92	6	14	cm	Nº5	3.87	5	18	cm	Nº4	8.00	6	15	cm	Nº5	40	14	cm	Nº5	20	17	cm	500.42	6.39	78.26	17.61%	15.03%
8	4.80	1.15	0.85	0.75	1.40	2.55	0.65	2.39	1.55	Nº8	2.80	7	11	cm	Nº7	7.28	7	11	cm	Nº6	4.92	6	14	cm	Nº6	4.92	5	18	cm	Nº4	9.46	4	23	cm	Nº7	36	18	cm	Nº5	32	13	cm	762.19	9.22	82.69	28.76%	25.85%
9	6.00	1.30	1.00	0.90	2.00	3.00	0.75	2.84	1.63	Nº8	3.16	8	9	cm	Nº7	7.92	8	9	cm	Nº6	6.12	6	14	cm	Nº6	6.12	6	14	cm	Nº6	10.57	4	23	cm	Nº7	48	14	cm	Nº8	24	22	cm	1041.17	12.76	81.61	33.52%	31.83%
10	7.00	1.45	1.20	1.05	2.35	3.45	0.80	3.09	1.68	Nº8	3.52	9	8	cm	Nº7	7.16	9	8	cm	Nº7	7.16	5	17	cm	Nº7	7.16	5	17	cm	Nº6	11.83	5	18	cm	Nº8	49	15	cm	Nº7	43	13	cm	1450.95	16.67	87.05	44.73%	38.20%

DIMENSIONES DEL MURO (m)												RESISTENTES												RETRACCION Y TEMPERATURA																							
H	B	D	EV	EB	LP	LT	EC	FSV	FSD	1		1'		2		3		4		5		6		Kg DE ACERO (p.m.l)	m3 DE CONCRETO (p.m.l)	Kg/m3	INCREMENTO DE ACERO (p.m.l)	INCREMENTO DE CONCRETO (p.m.l)																			
3	1.75	0.80	0.30	0.40	0.30	1.15	0.30	2.11	1.70	Nº4	3.19	6	15	cm	0	0.00	0	0	cm	Nº4	1.78	5	18	cm	Nº4	1.78	5	18	cm	Nº3	3.10	4	24	cm	Nº4	9	29	cm	Nº4	8	20	cm	78.34	1.52	51.71	7.50%	10.75%
4	2.30	0.80	0.40	0.40	0.45	1.45	0.40	2.08	1.55	Nº6	1.45	5	18	cm	Nº6	4.01	5	18	cm	Nº4	2.33	6	15	cm	Nº4	2.33	5	18	cm	Nº3	4.10	6	15	cm	Nº4	18	19	cm	Nº4	11	19	cm	145.84	2.41	65.94	24.53%	9.56%
5	2.85	0.85	0.50	0.45	0.55	1.80	0.50	2.08	1.52	Nº7	1.78	5	17	cm	Nº6	4.72	5	17	cm	Nº4	2.88	10	8	cm	Nº4	2.88	6	15	cm	Nº4	5.19	4	23	cm	Nº5	20	21	cm	Nº4	16	16	cm	241.43	3.62	66.66	18.15%	8.49%
6	3.45	1.20	0.60	0.50	0.90	1.95	0.50	2.06	1.50	Nº8	2.11	6	14	cm	Nº6	5.43	6	14	cm	Nº7	3.61	4	22	cm	Nº4	3.48	7	13	cm	Nº4	6.91	5	18	cm	Nº5	29	17	cm	Nº4	22	14	cm	361.92	4.84	74.84	20.24%	9.51%
7	4.20	1.55	0.70	0.70	1.45	2.05	0.55	2.18	1.52	Nº8	2.51	7	11	cm	Nº6	6.03	7	11	cm	Nº6	4.32	5	18	cm	Nº6	4.32	5	18	cm	Nº4	8.00	6	15	cm	Nº5	40	14	cm	Nº5	26	14	cm	517.89	7.02	87.47	12.86%	21.27%
8	4.50	1.75	0.90	0.85	1.35	2.25	0.65	2.00	1.51	Nº8	2.67	8	9	cm	Nº7	7.21	8	9	cm	Nº6	4.62	6	14	cm	Nº6	4.62	5	18	cm	Nº6	9.46	4	23	cm	Nº7	38	16	cm	Nº7	22	18	cm	836.01	9.56	87.47	30.89%	

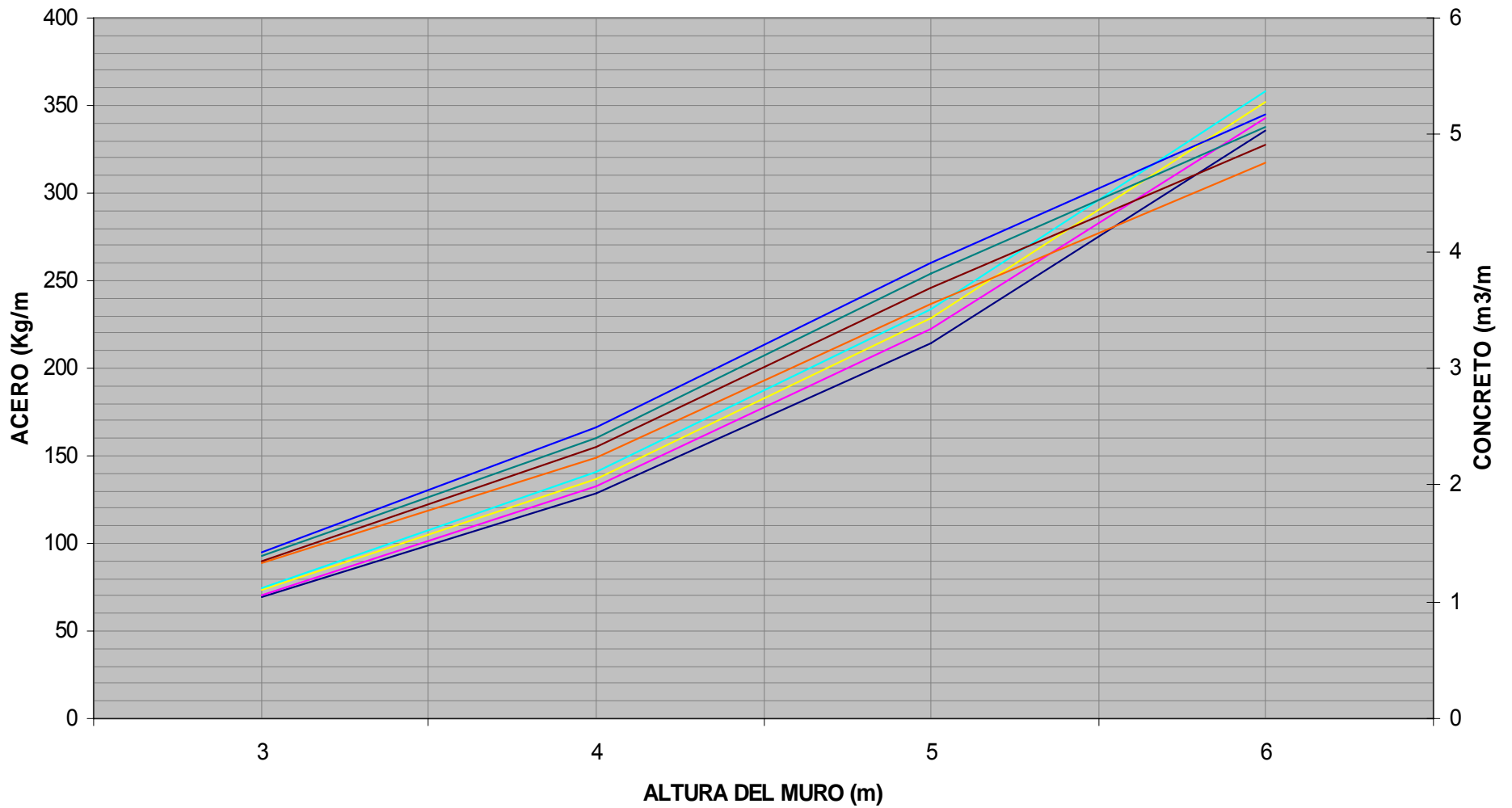
## **ANEXO Nº 2**

**COLECCIÓN DE CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE  
MATERIAL EN EL DISEÑO DE MUROS DE CONTENCIÓN EN VOLADIZO**

## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

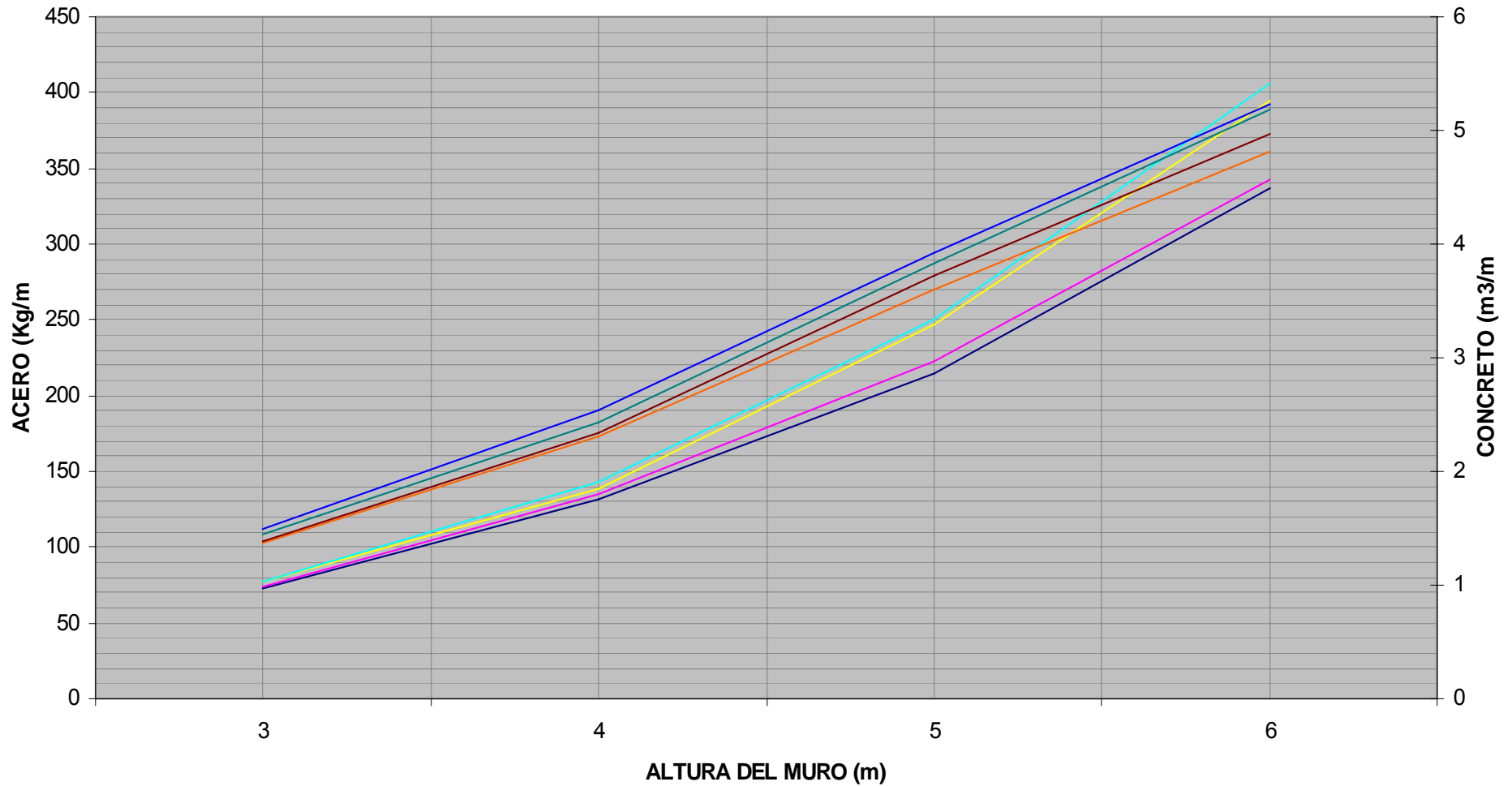
— A\_Cs=0 — A\_Cs=0,05 — A\_Cs=0,1 — A\_Cs=0,15 — C\_Cs=0 — C\_Cs=0,05 — C\_Cs=0,1 — C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

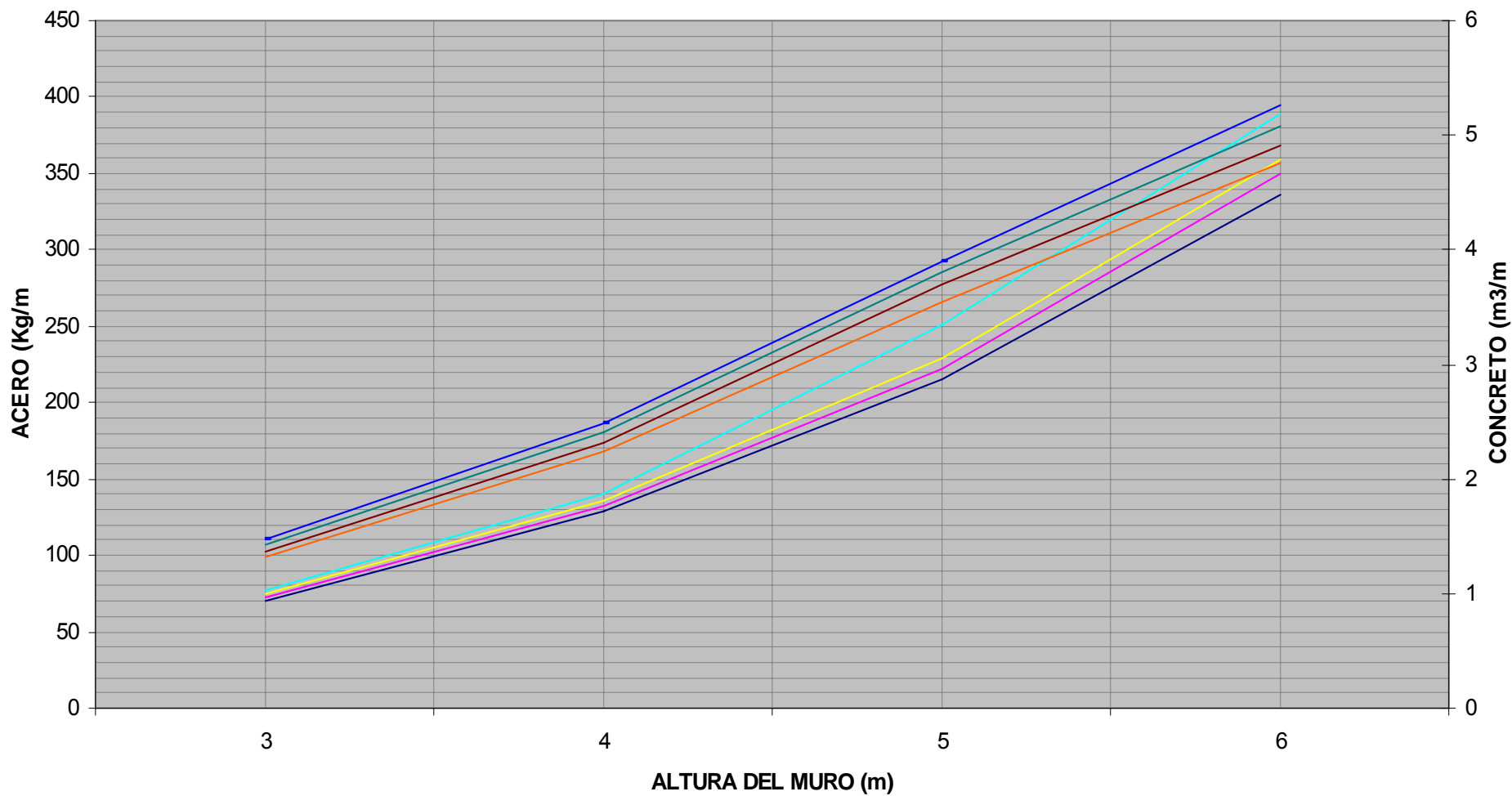
A\_Cs=0 A\_Cs=0,05 A\_Cs=0,1 A\_Cs=0,15 C\_Cs=0 C\_Cs=0,05 C\_Cs=0,1 C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

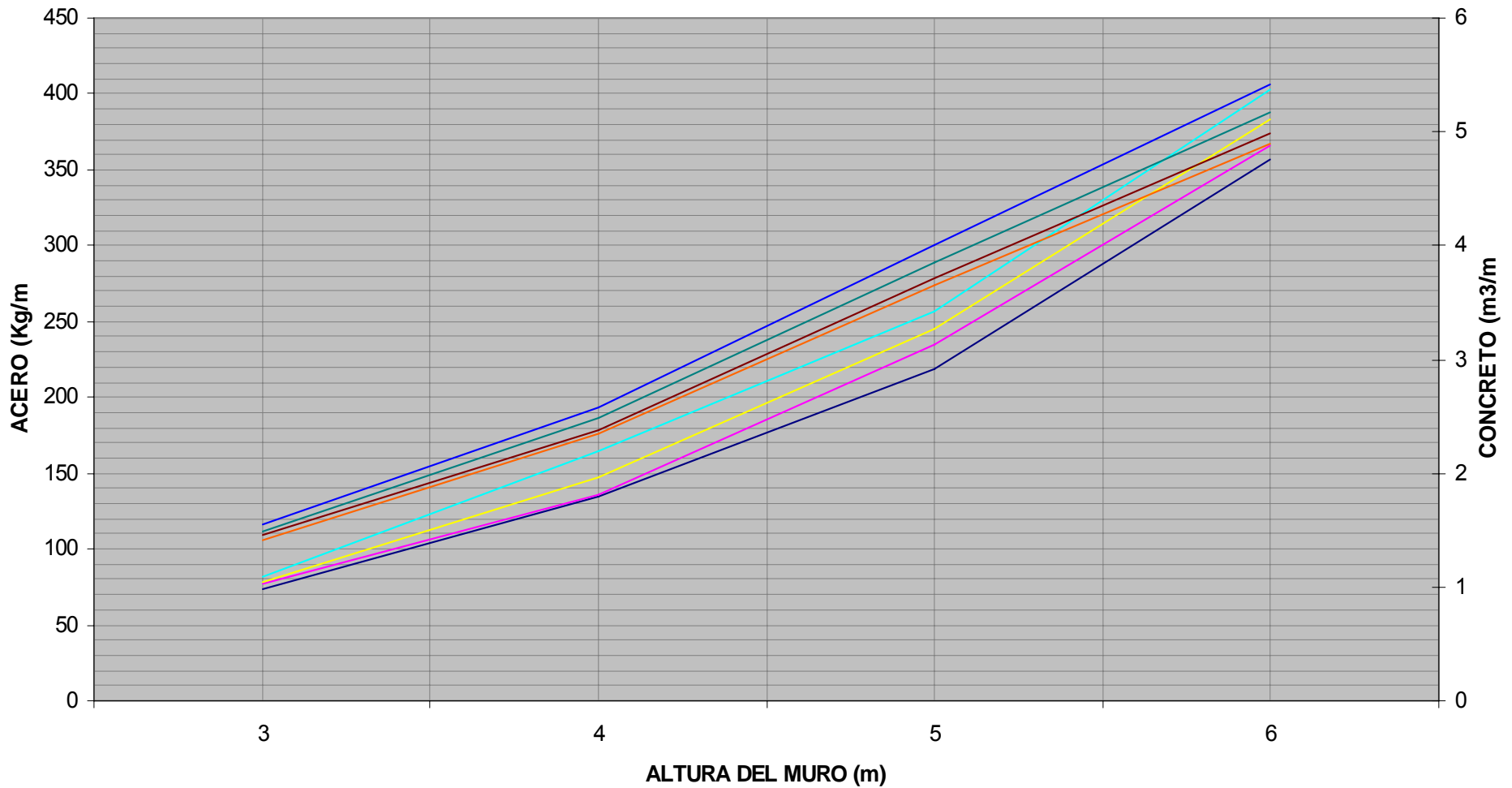
A\_Cs=0 A\_Cs=0,05 A\_Cs=0,1 A\_Cs=0,15 C\_Cs=0 C\_Cs=0,05 C\_Cs=0,1 C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

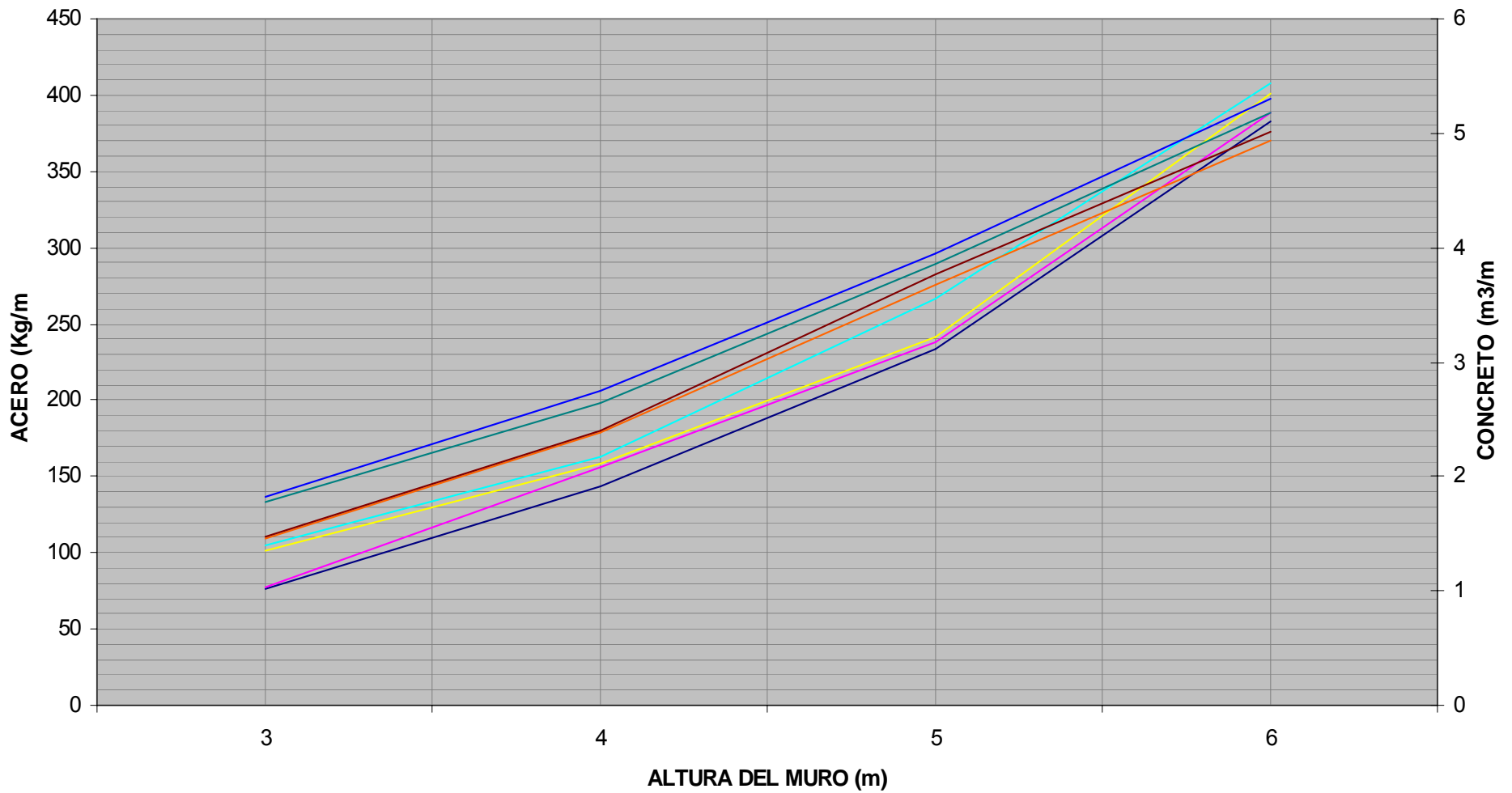
A\_Cs=0 A\_Cs=0,05 A\_Cs=0,1 A\_Cs=0,15 C\_Cs=0 C\_Cs=0,05 C\_Cs=0,1 C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

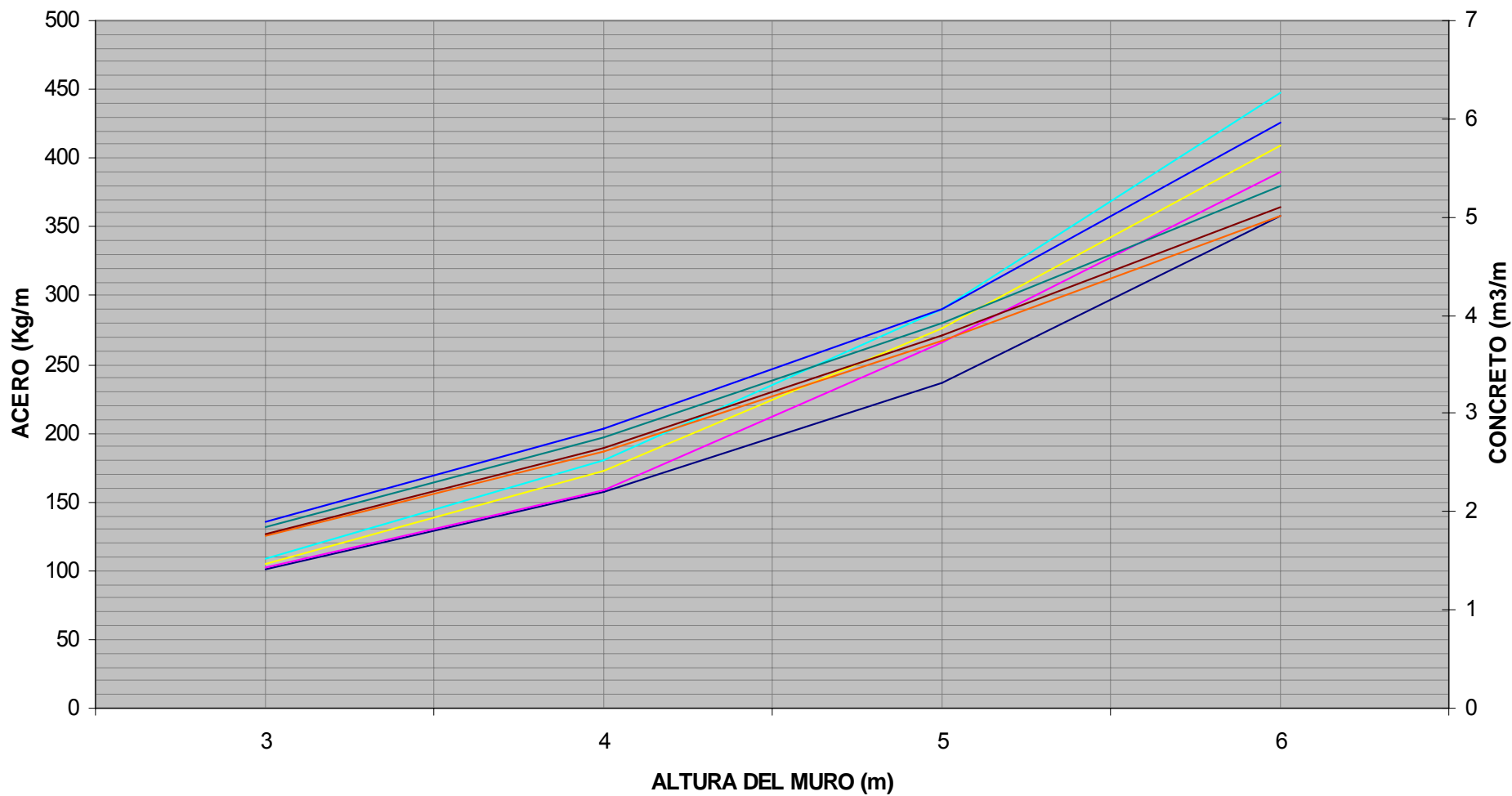
— A\_Cs=0 — A\_Cs=0,05 — A\_Cs=0,1 — A\_Cs=0,15 — C\_Cs=0 — C\_Cs=0,05 — C\_Cs=0,1 — C\_Cs=0,15



### CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

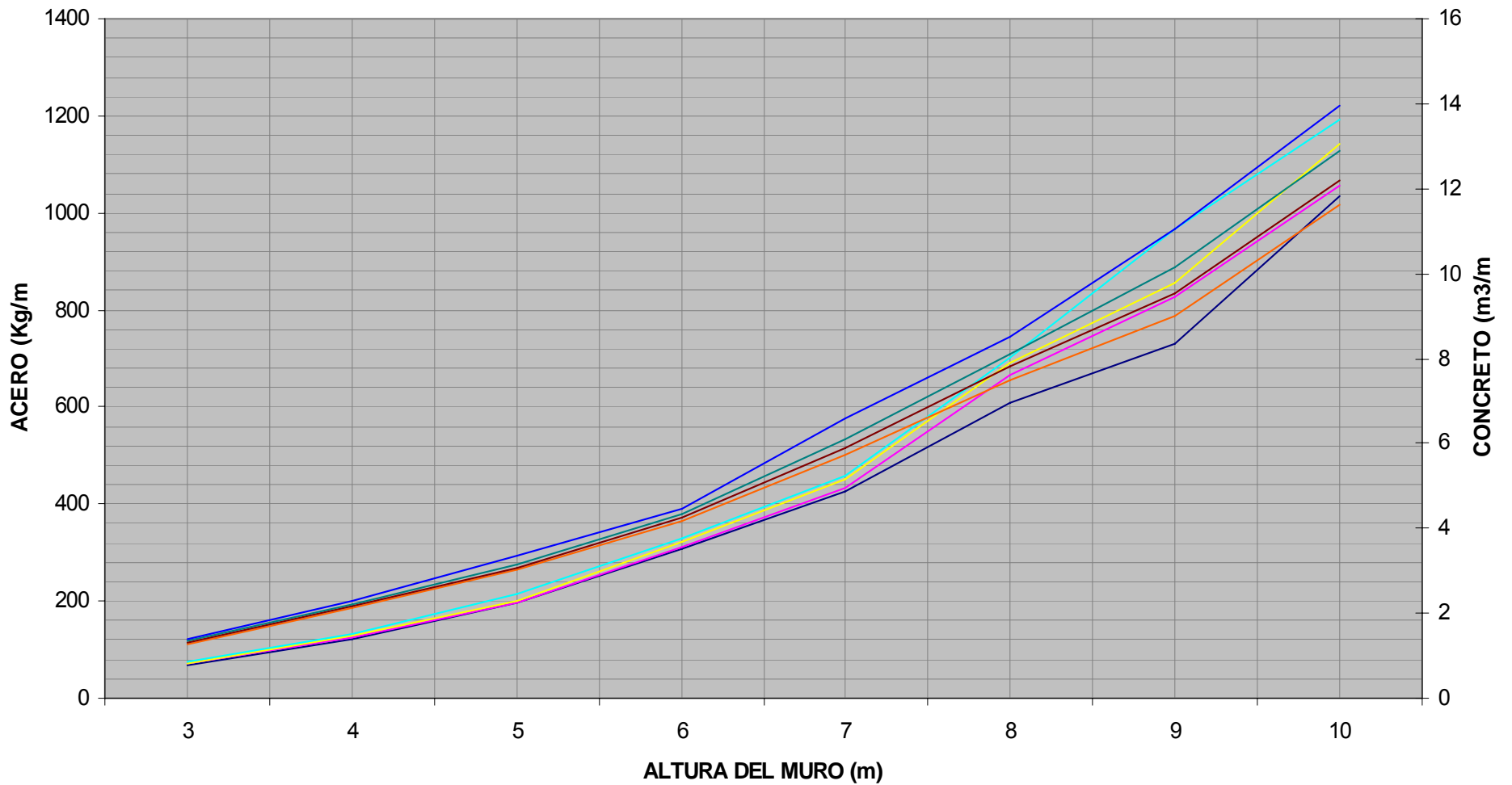
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

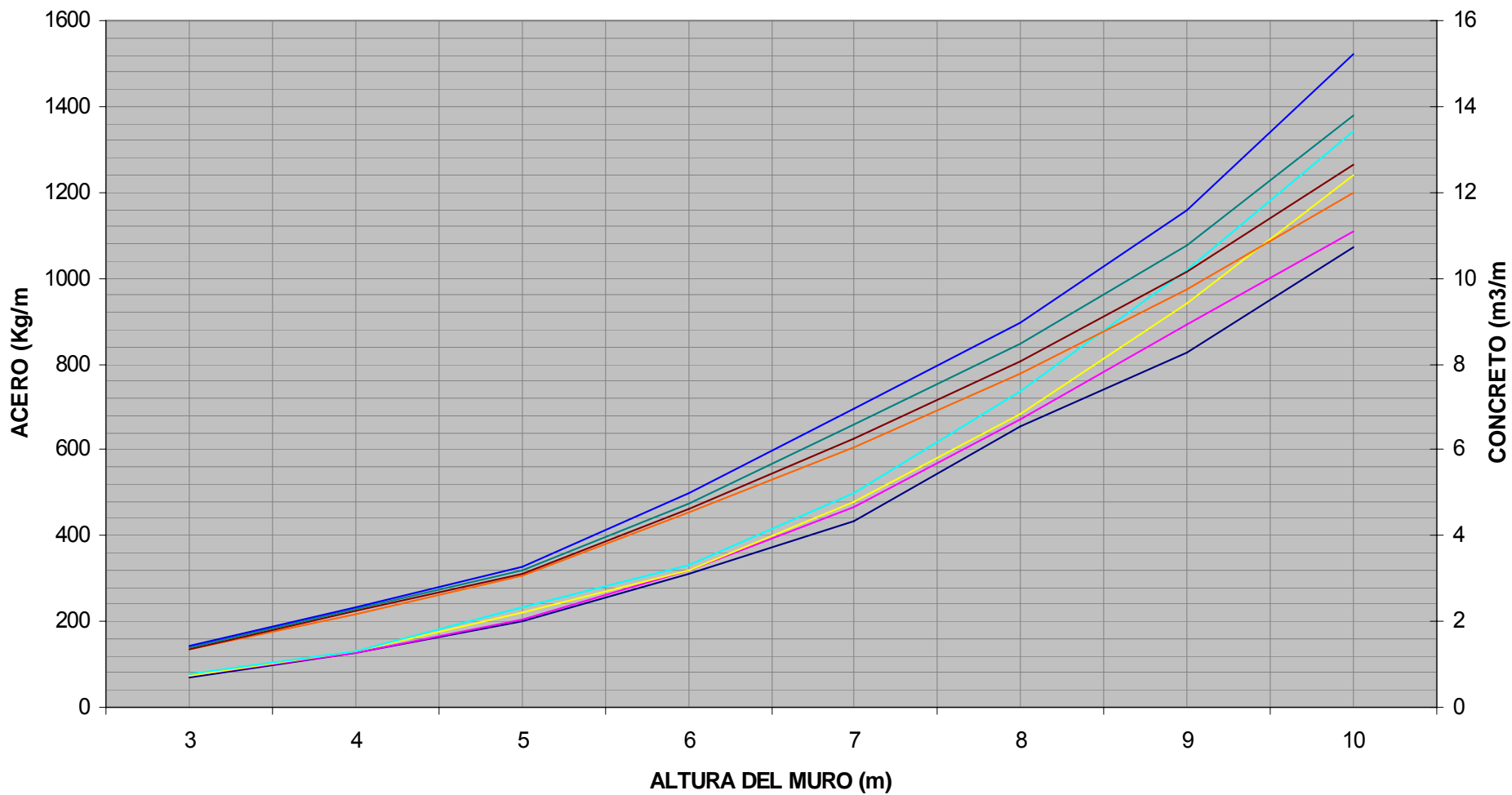
A\_Cs=0 A\_Cs=0,05 A\_Cs=0,1 A\_Cs=0,15 C\_Cs=0 C\_Cs=0,05 C\_Cs=0,1 C\_Cs=0,15



### CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

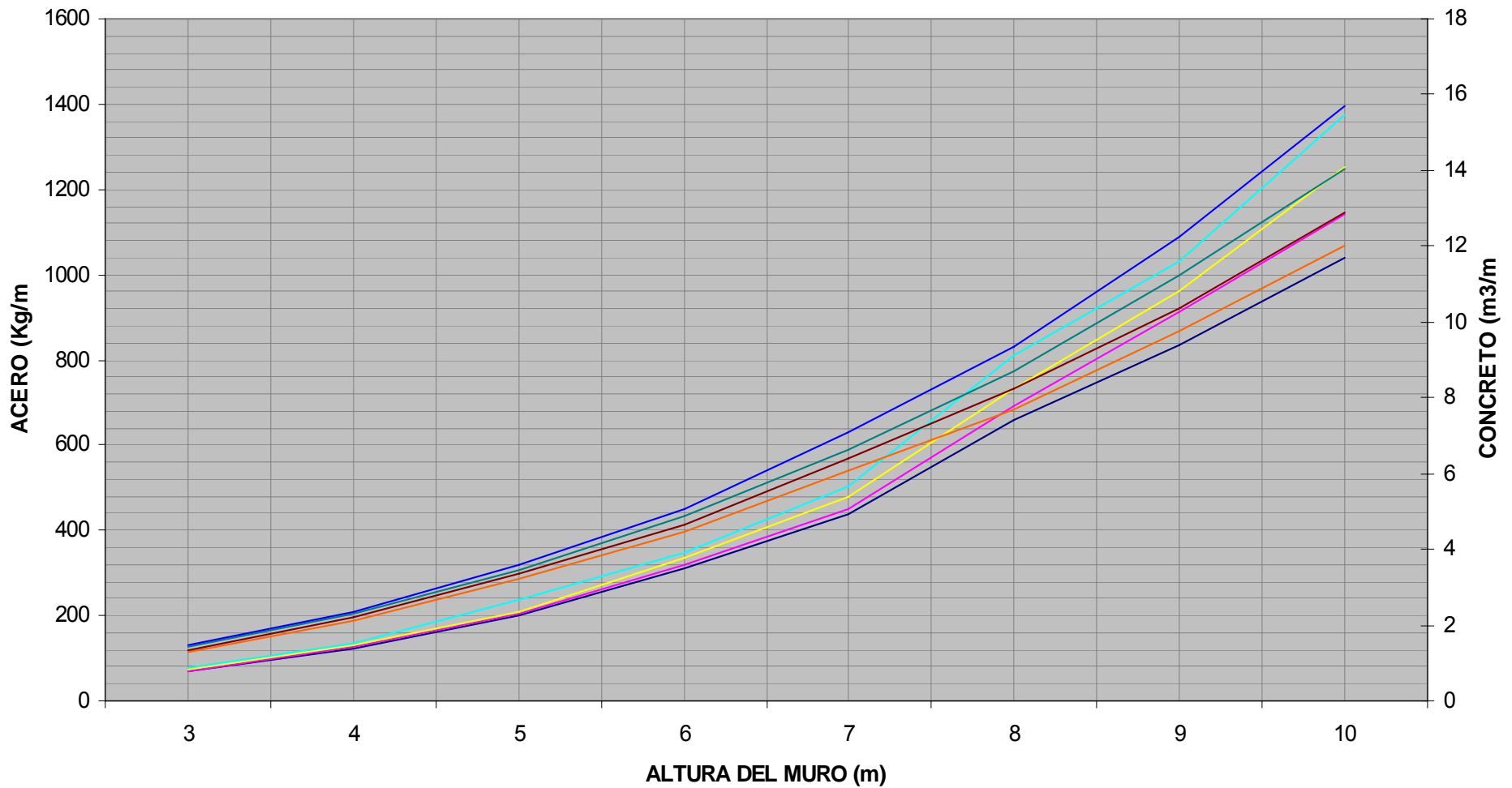
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

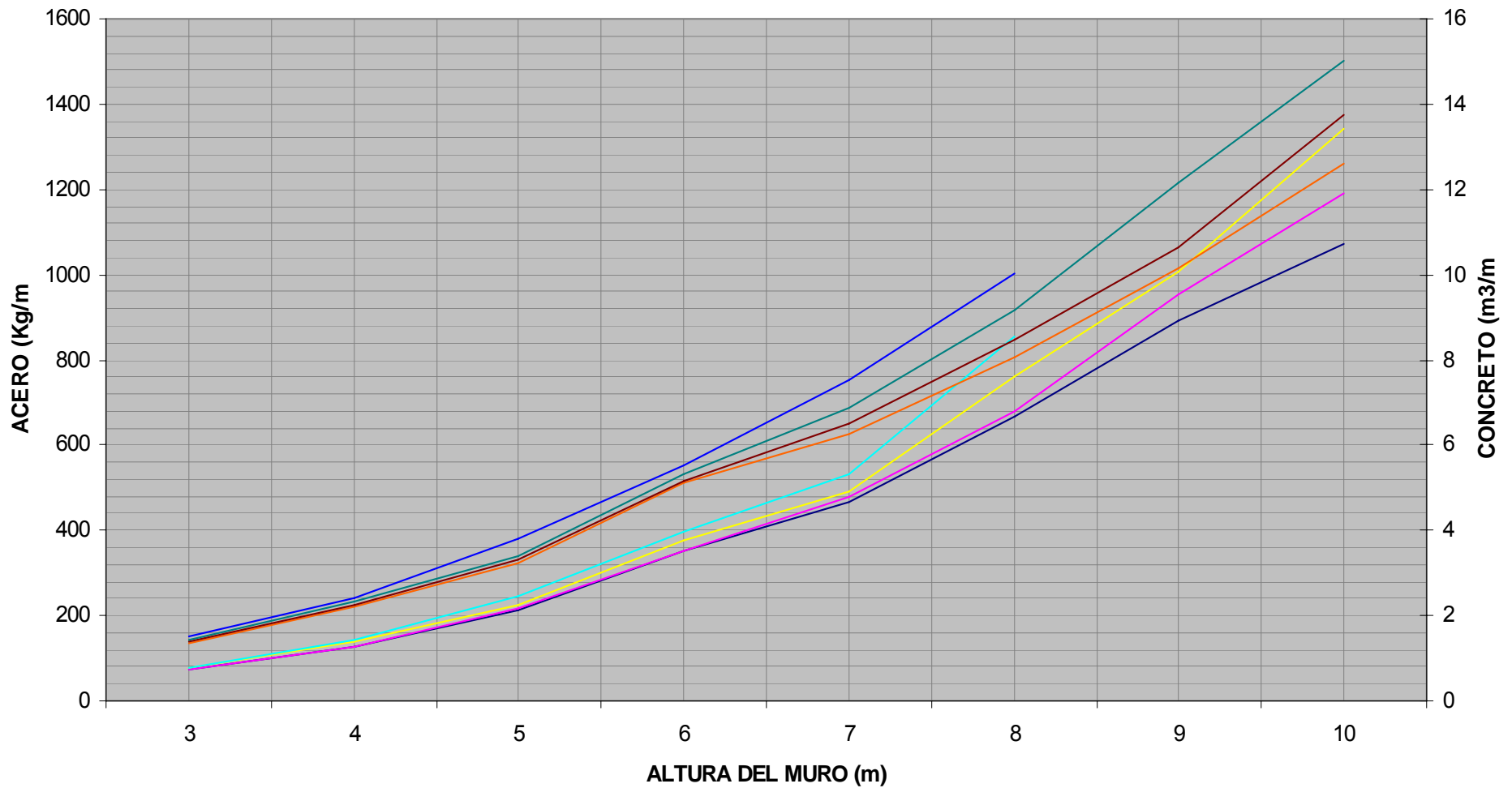
A\_Cs=0 A\_Cs=0,05 A\_Cs=0,1 A\_Cs=0,15 C\_Cs=0 C\_Cs=0,05 C\_Cs=0,1 C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

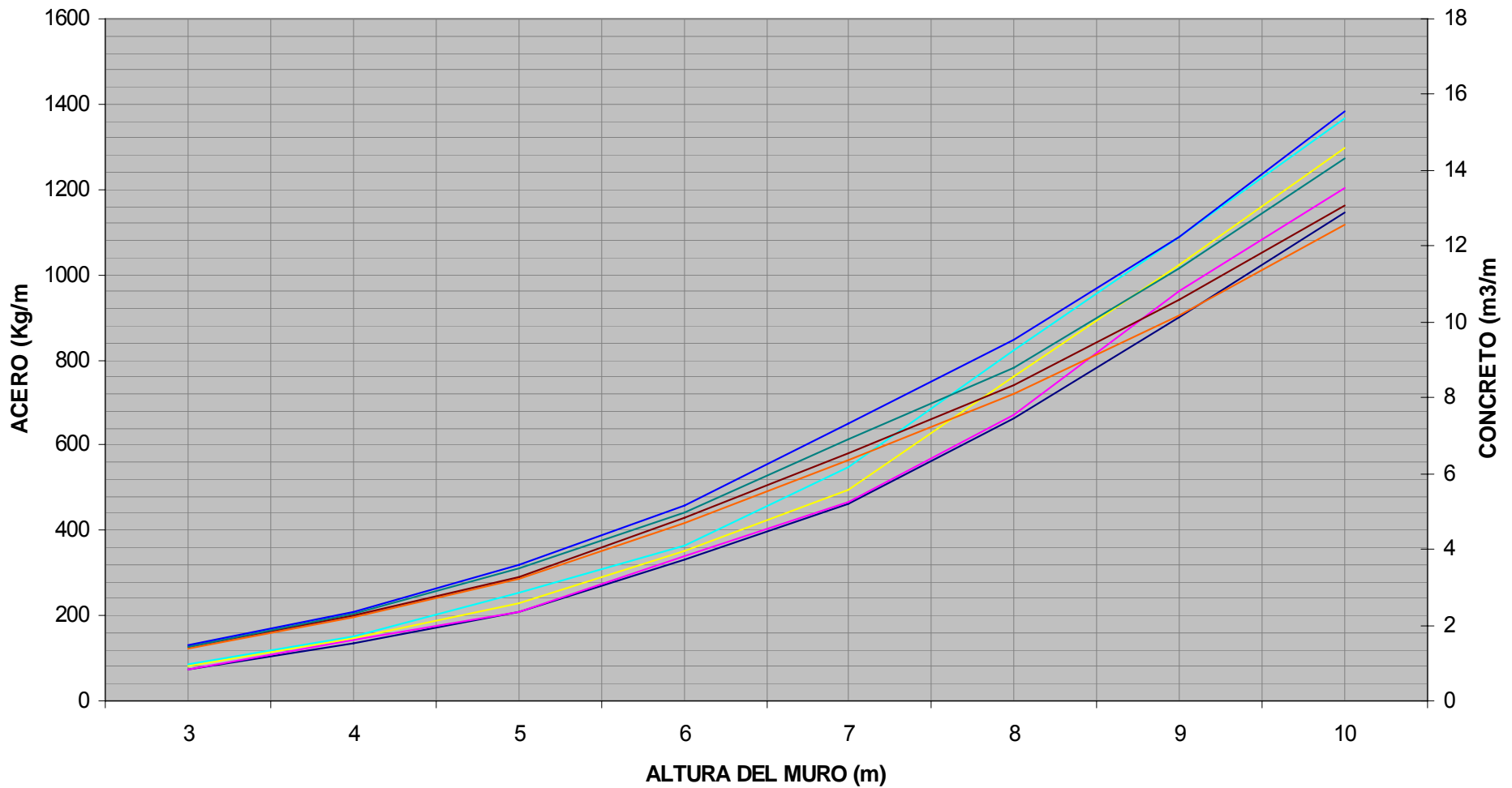
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

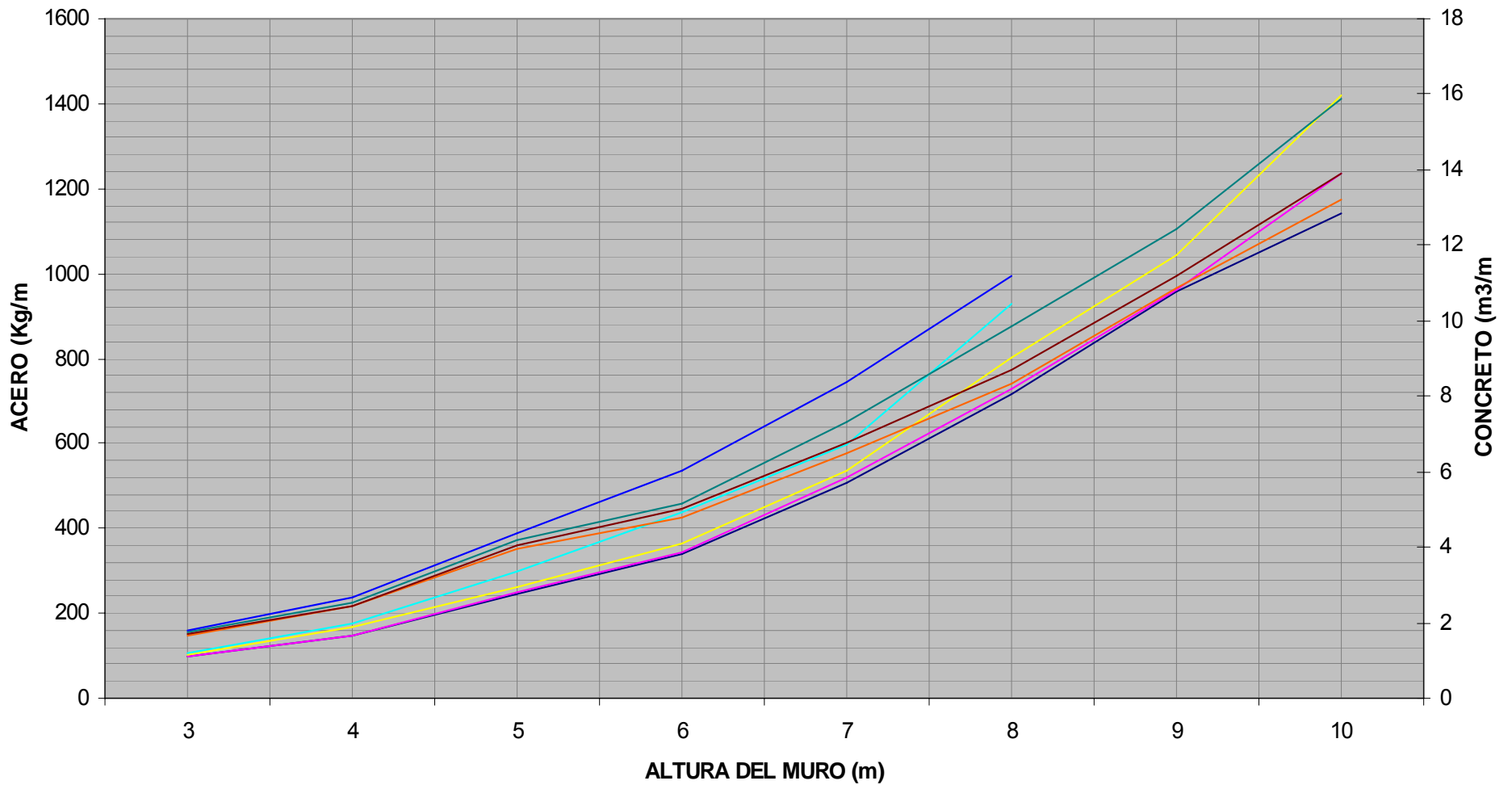
A\_Cs=0 A\_Cs=0,05 A\_Cs=0,1 A\_Cs=0,15 C\_Cs=0 C\_Cs=0,05 C\_Cs=0,1 C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

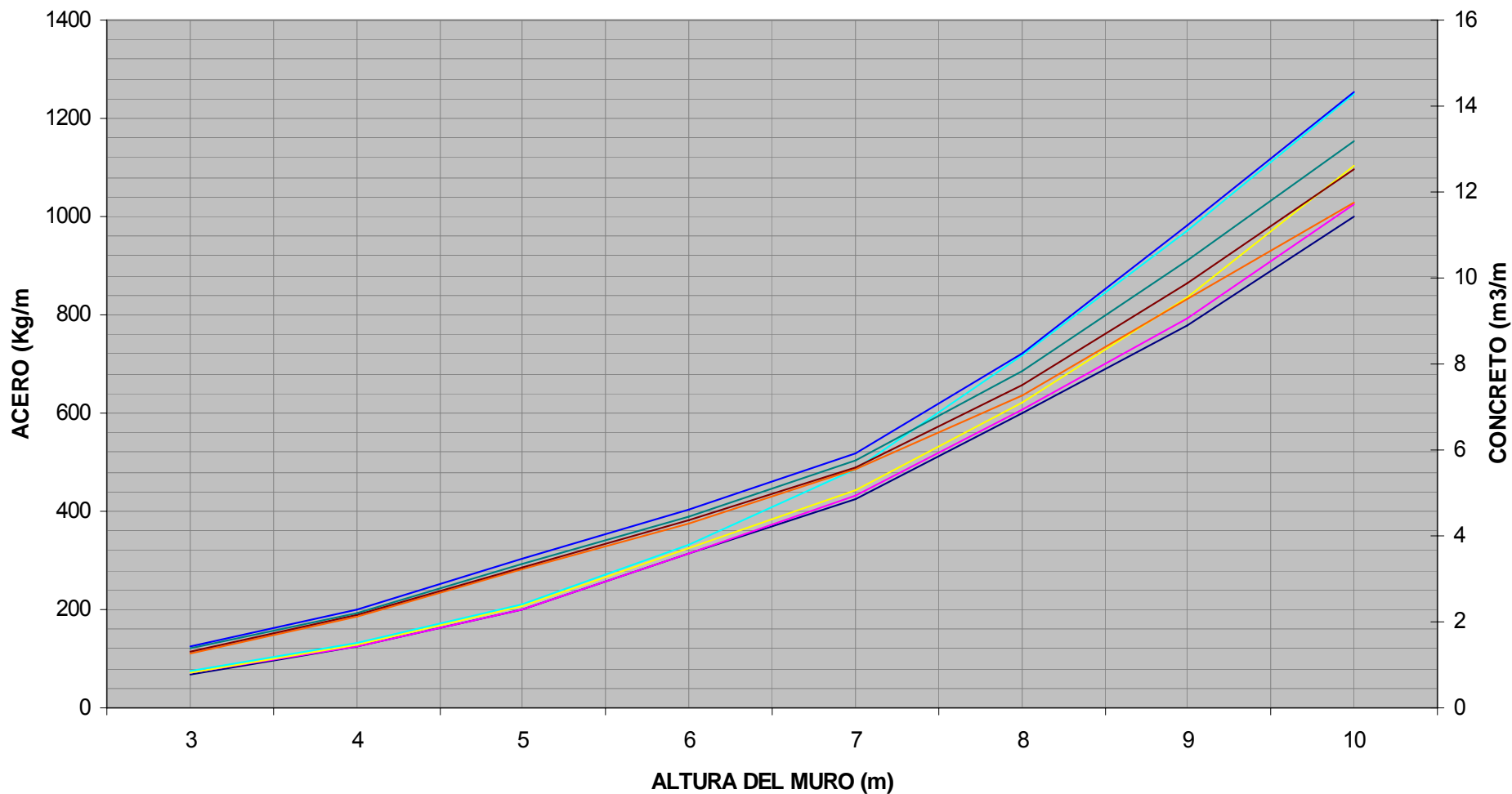
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



### CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

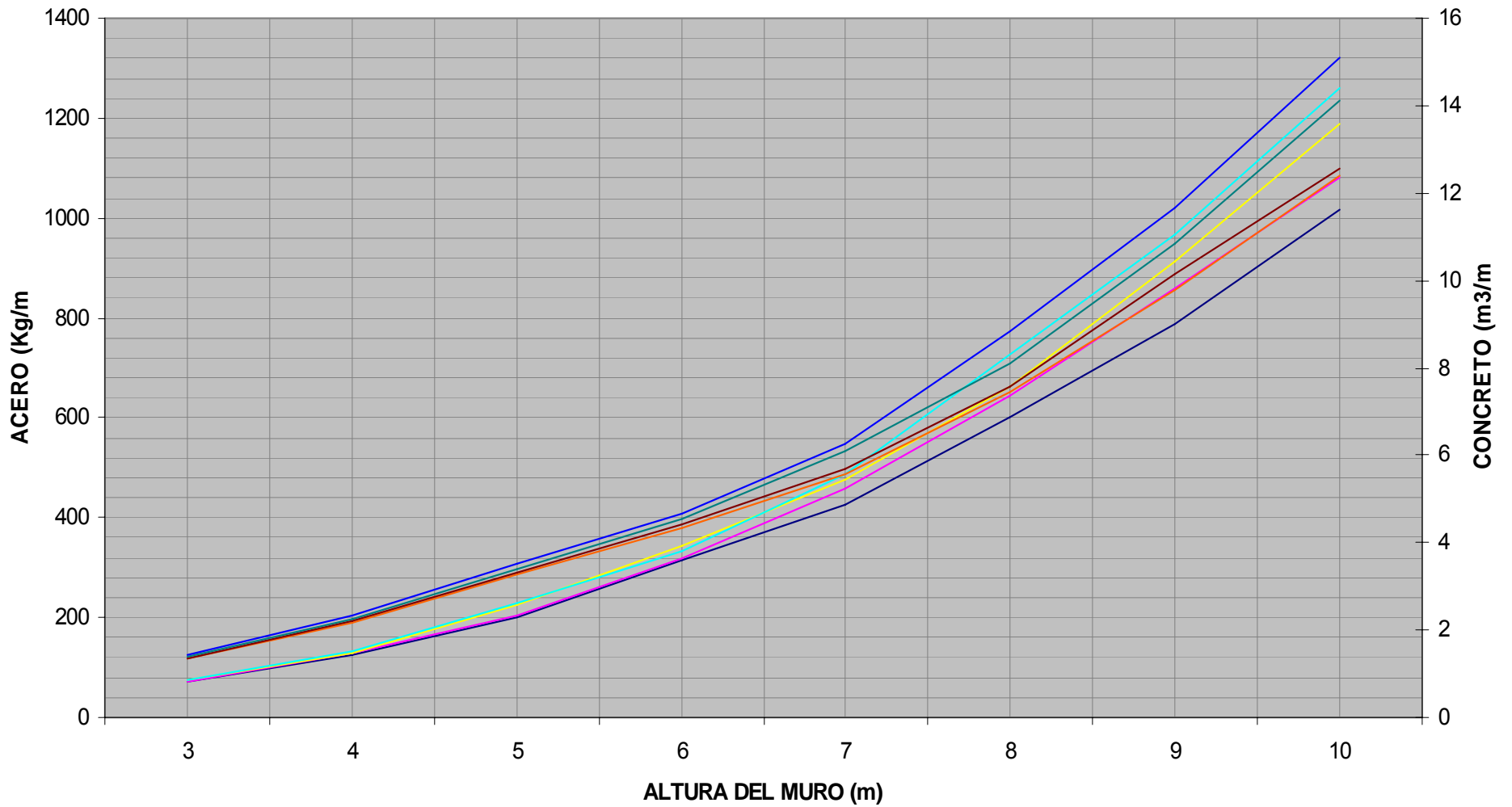
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

— A\_Cs=0 — A\_Cs=0,05 — A\_Cs=0,1 — A\_Cs=0,15 — C\_Cs=0 — C\_Cs=0,05 — C\_Cs=0,1 — C\_Cs=0,15

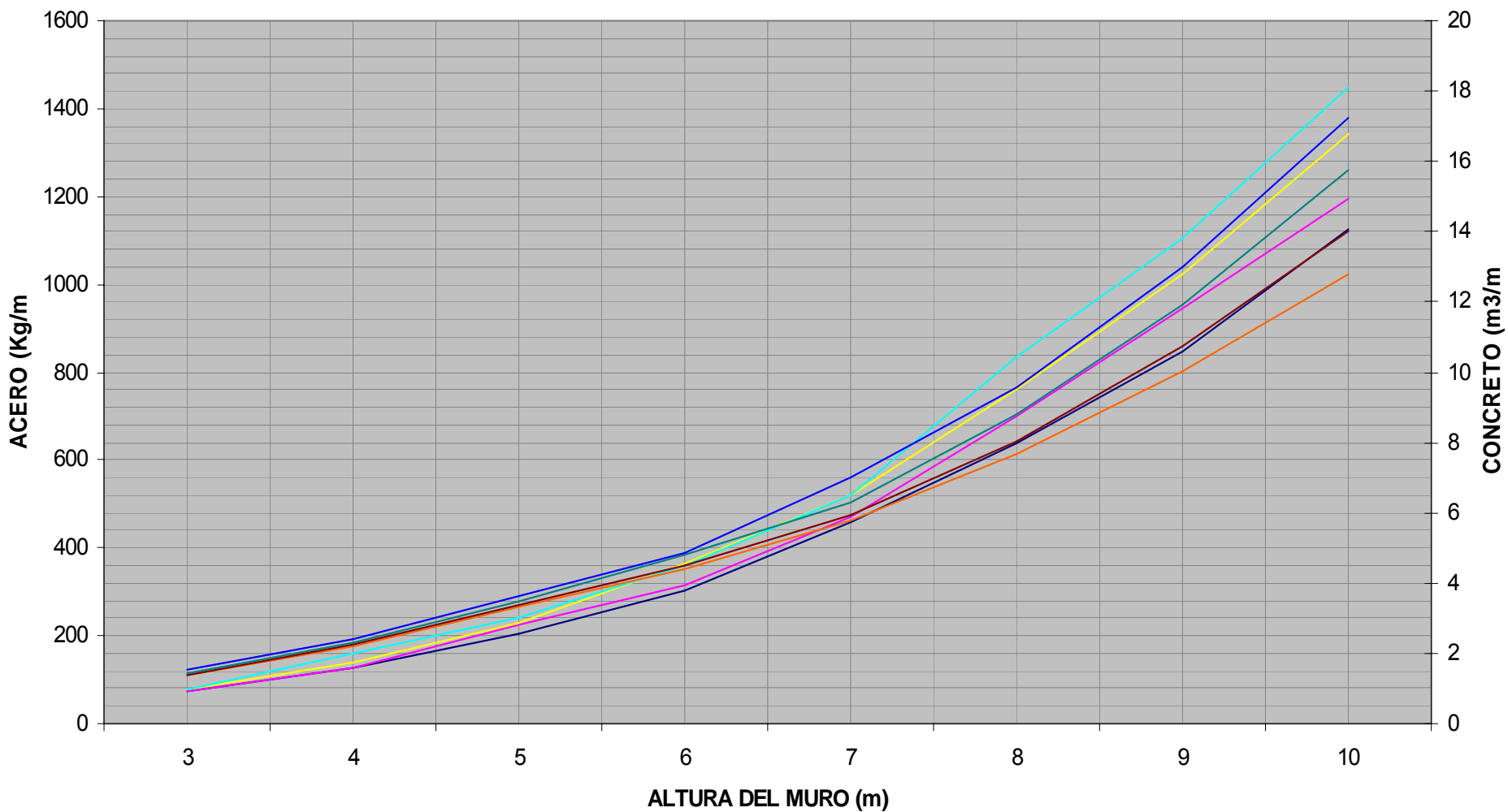




### CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

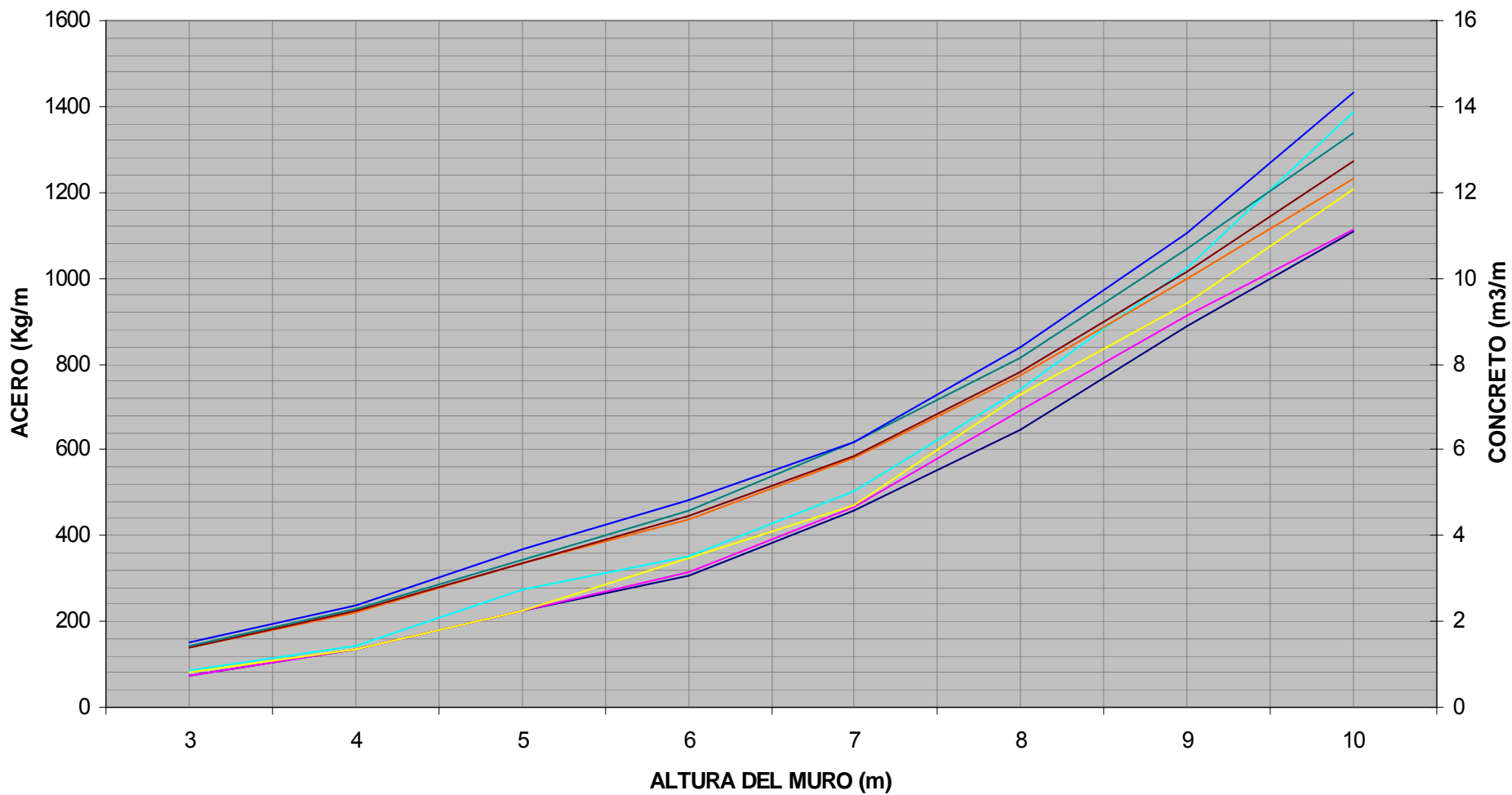
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



### CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0^\circ$

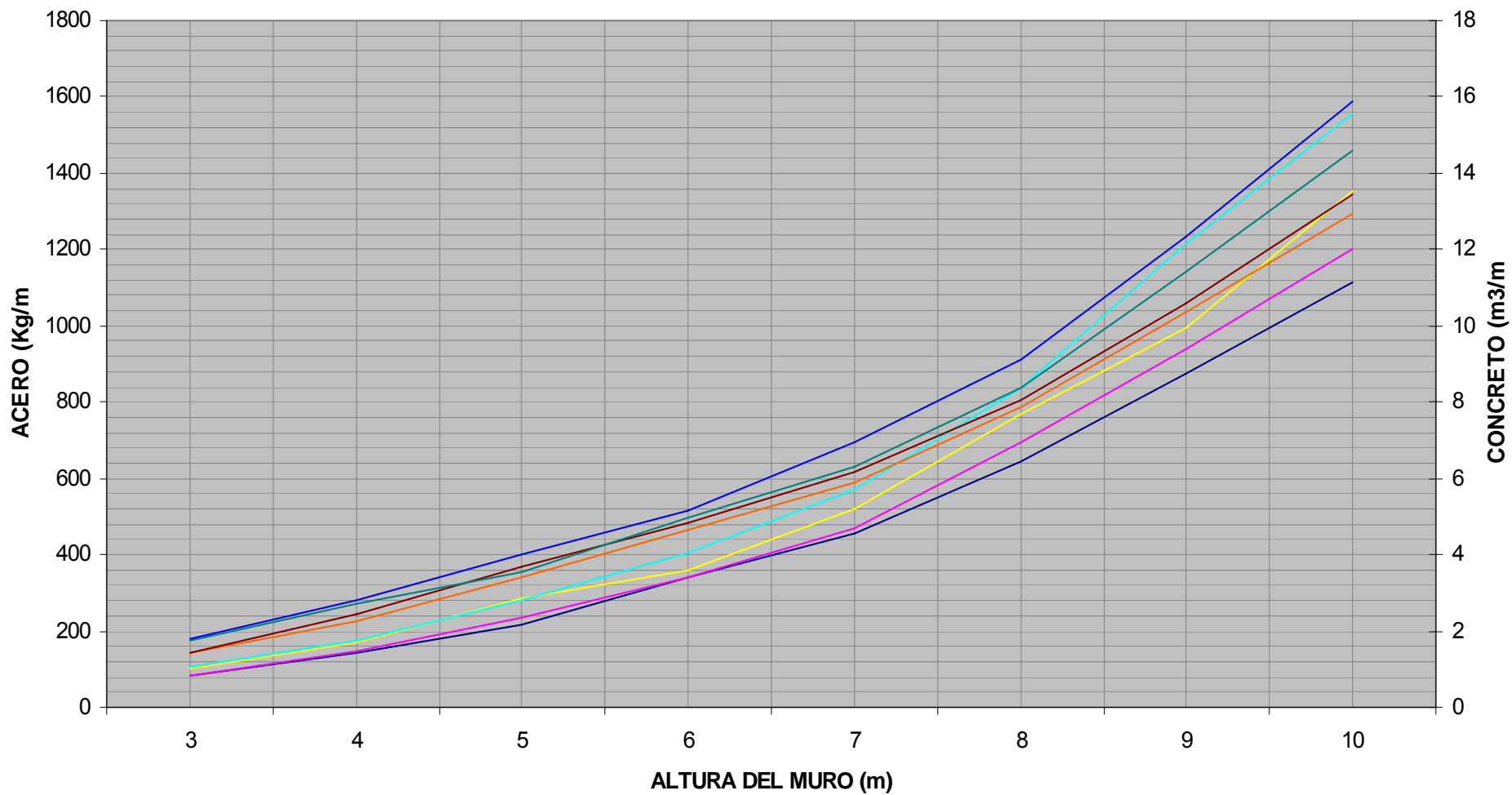
A\_Cs=0   A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,1   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,1   C\_Cs=0,15



## CURVAS DE REFERENCIA PARA CANTIDADES DE MATERIAL

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10^\circ$

— A\_Cs=0   
 — A\_Cs=0,05   
 — A\_Cs=0,1   
 — A\_Cs=0,15   
 — C\_Cs=0   
 — C\_Cs=0,05   
 — C\_Cs=0,1   
 — C\_Cs=0,15



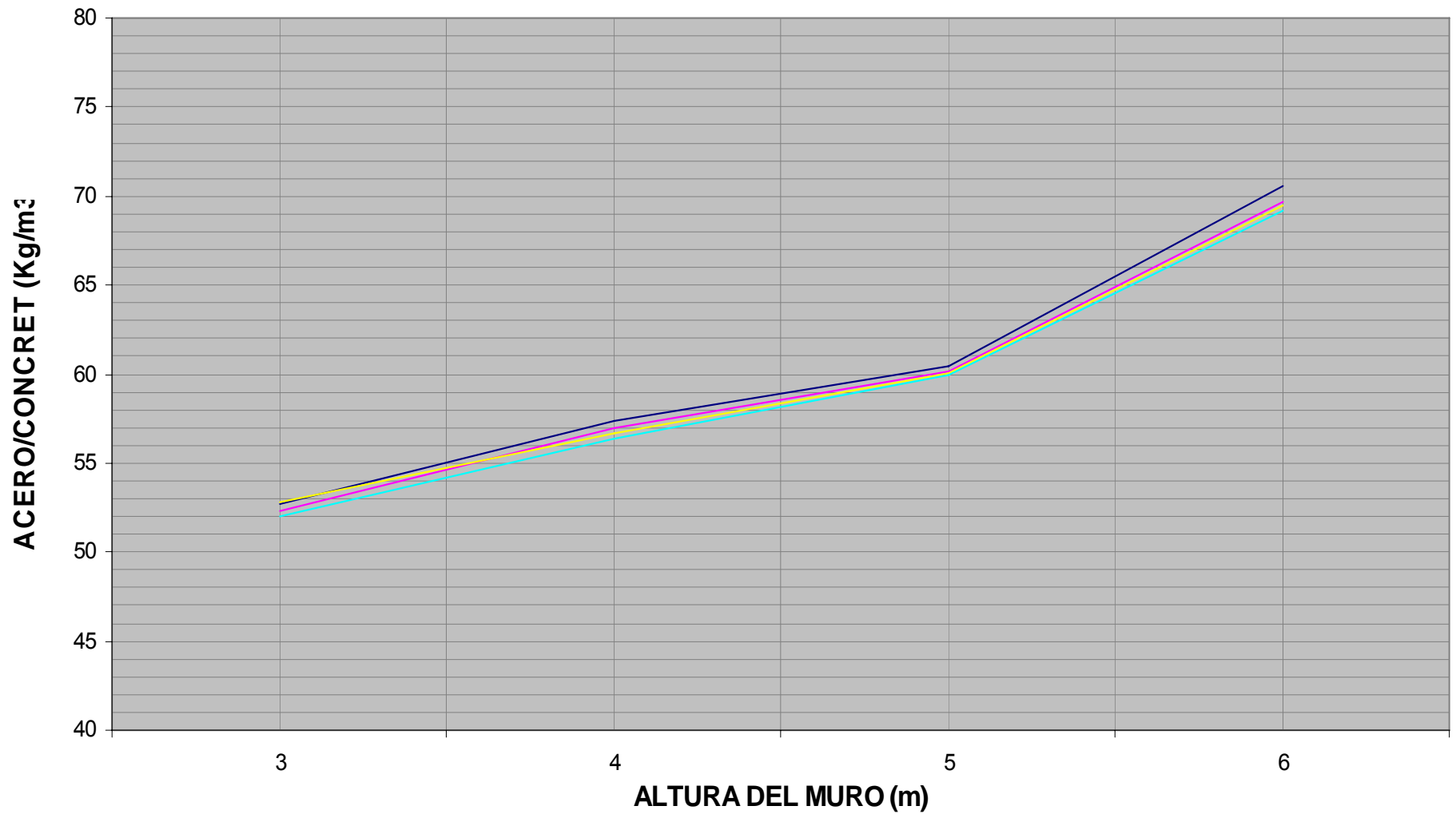
**ANEXO Nº 3**

COLECCIÓN DE CURVAS DE LA RELACIÓN ACERO/CONCRETO POR METRO  
LINEAL DE MURO

# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

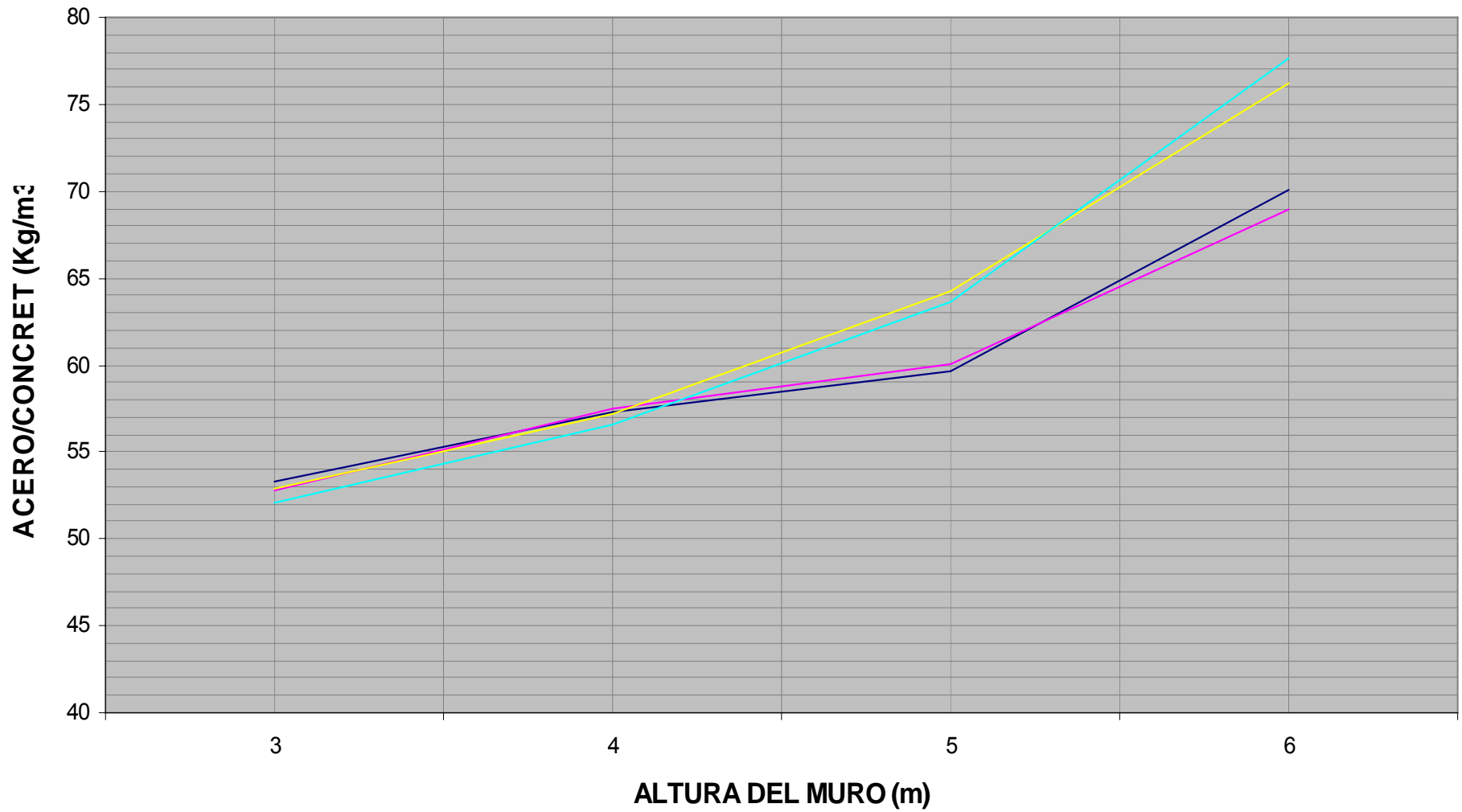
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

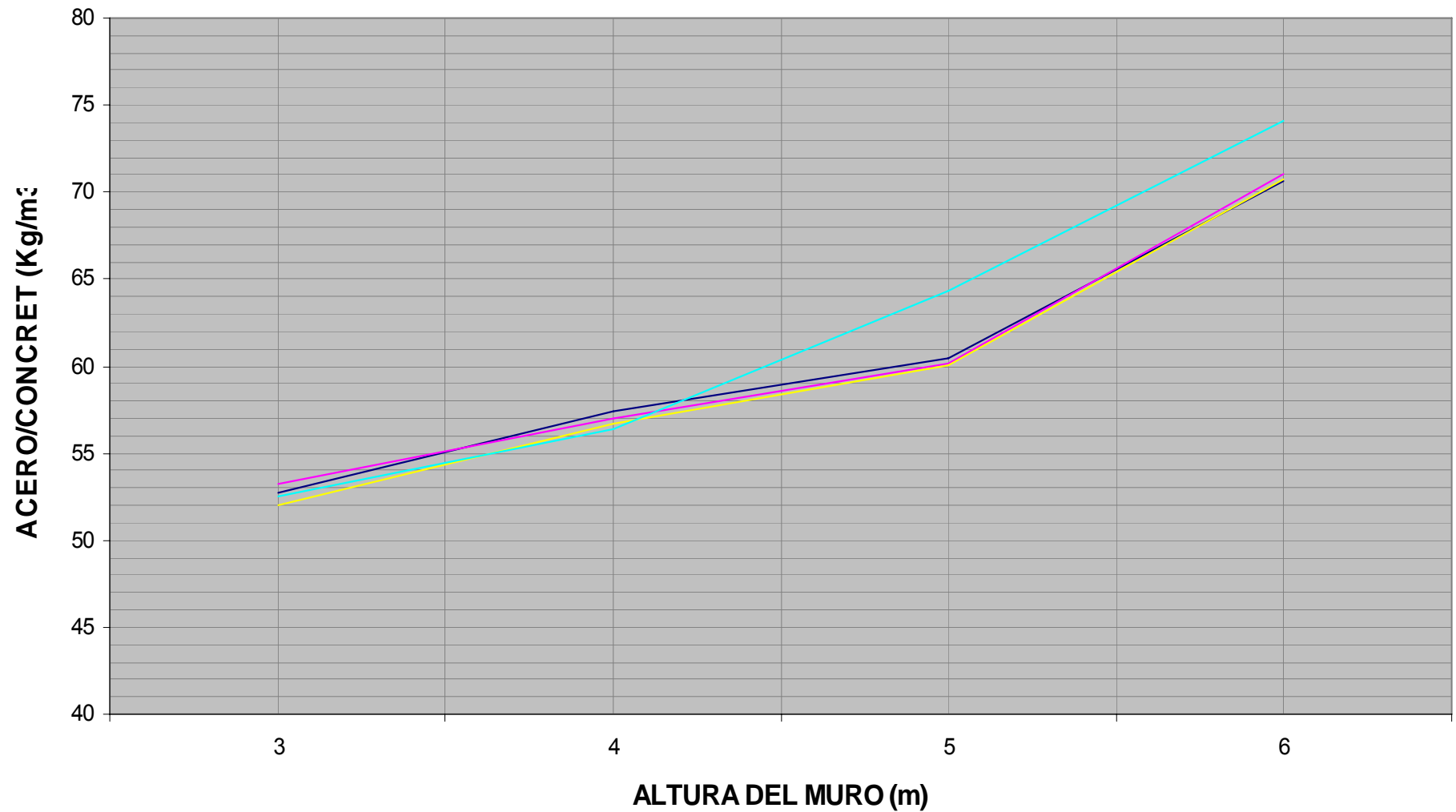
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

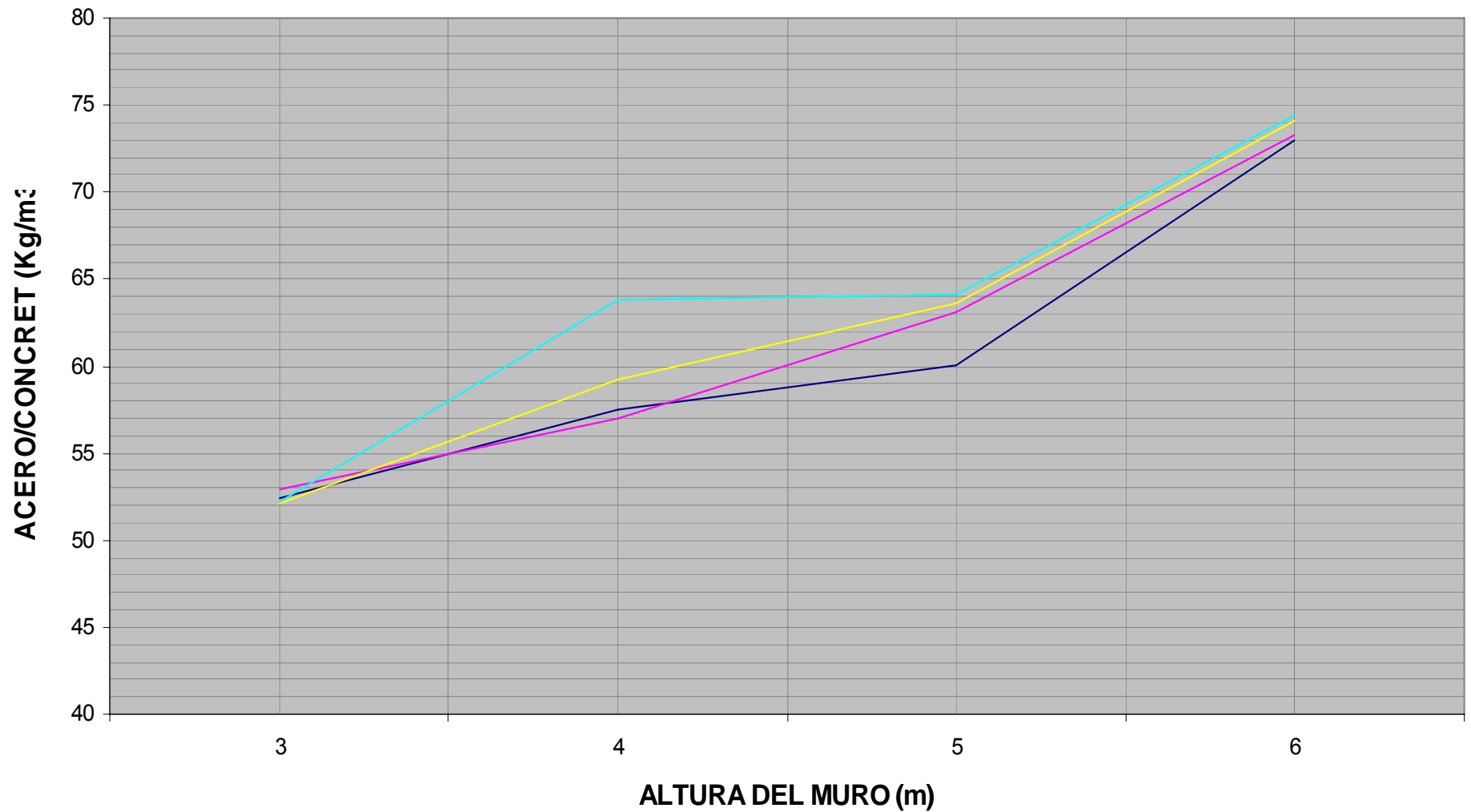
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

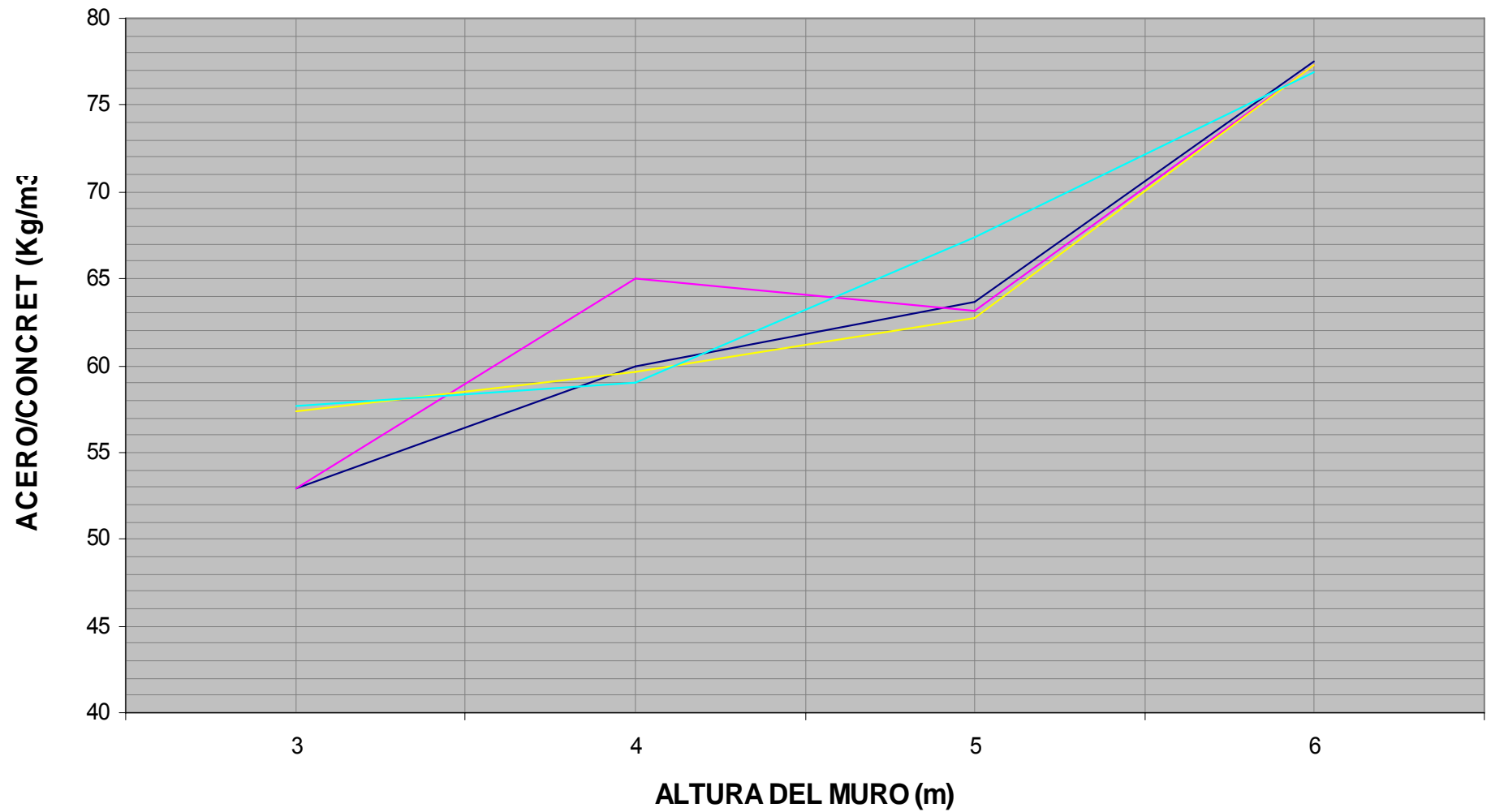
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

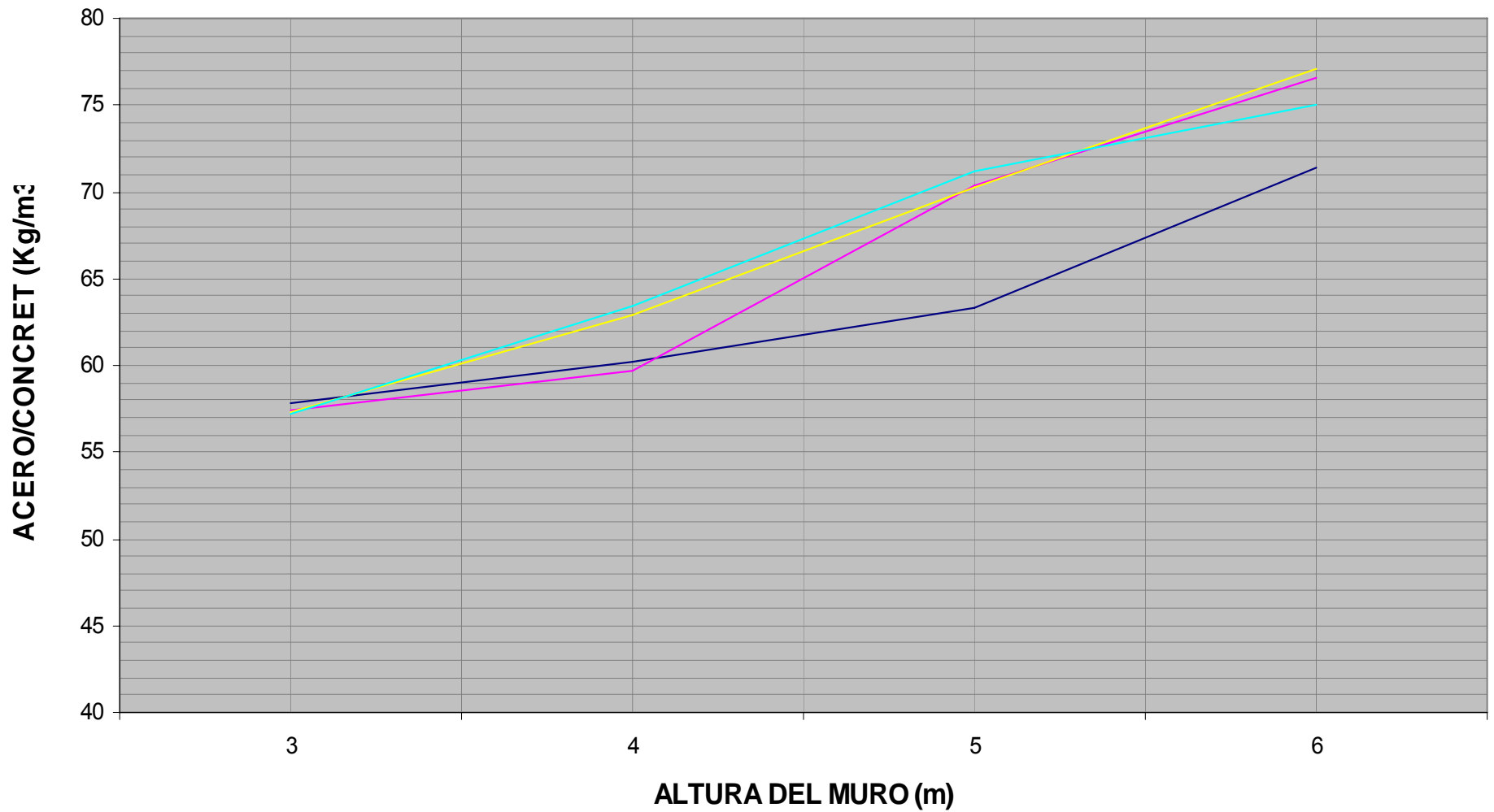
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

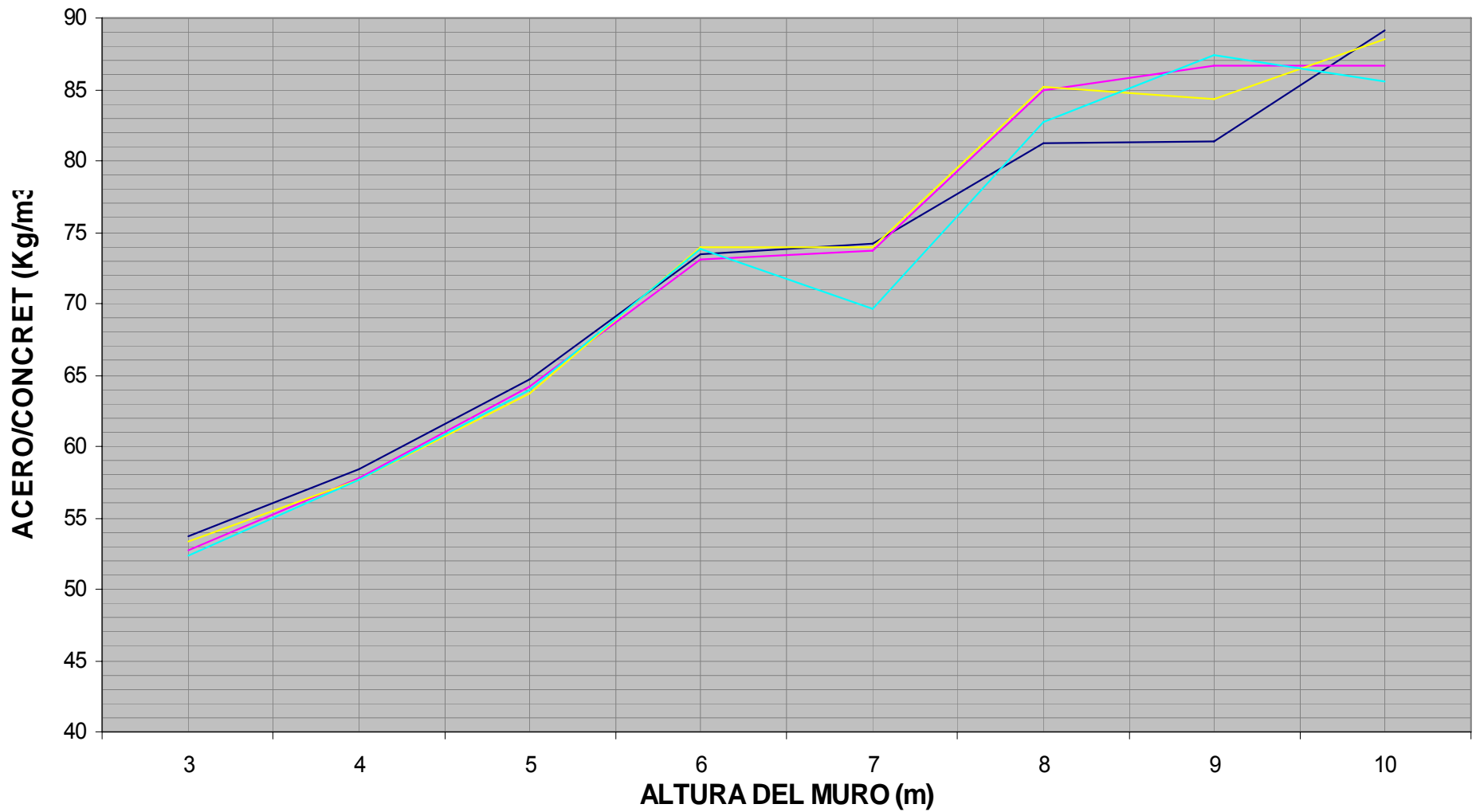
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

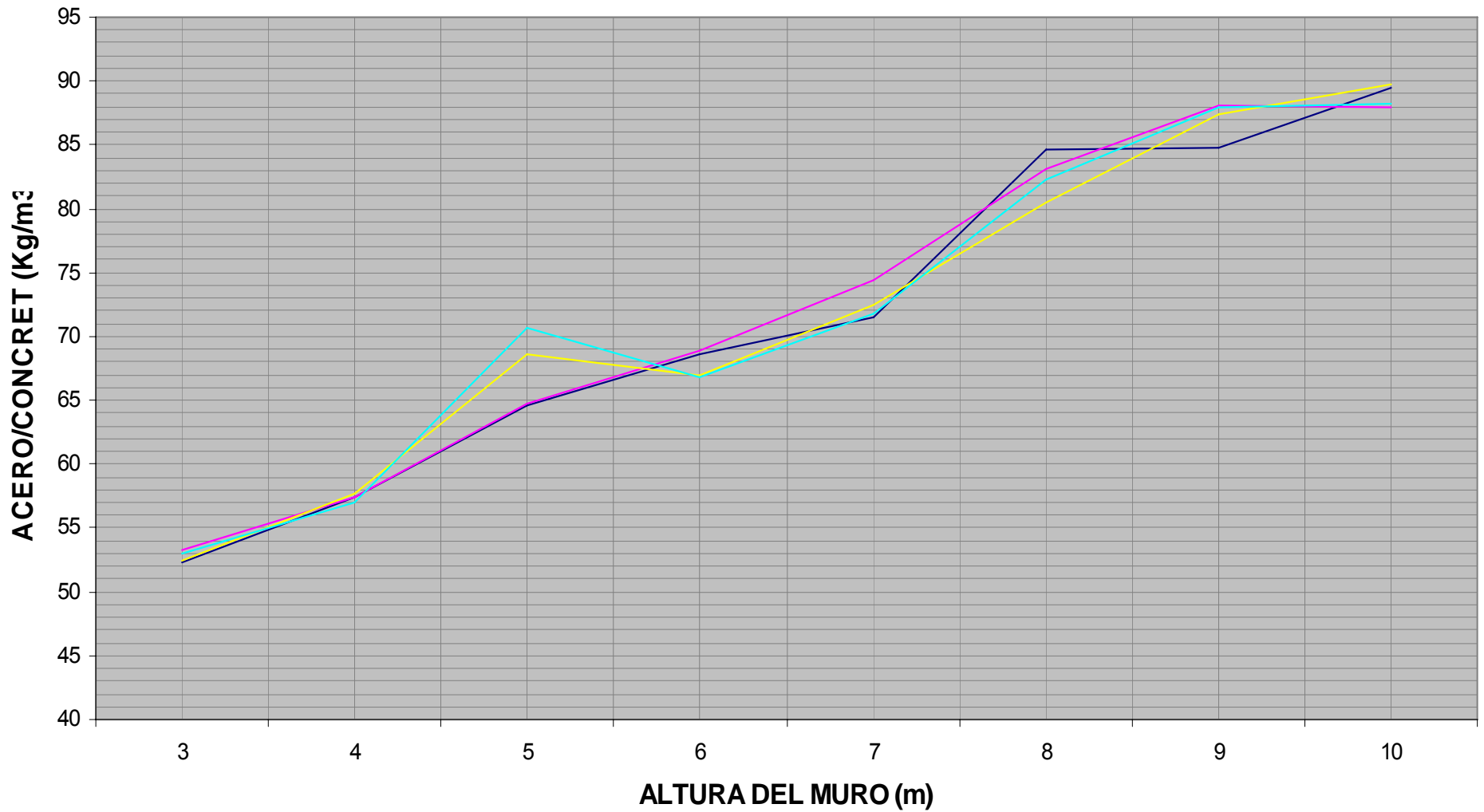
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

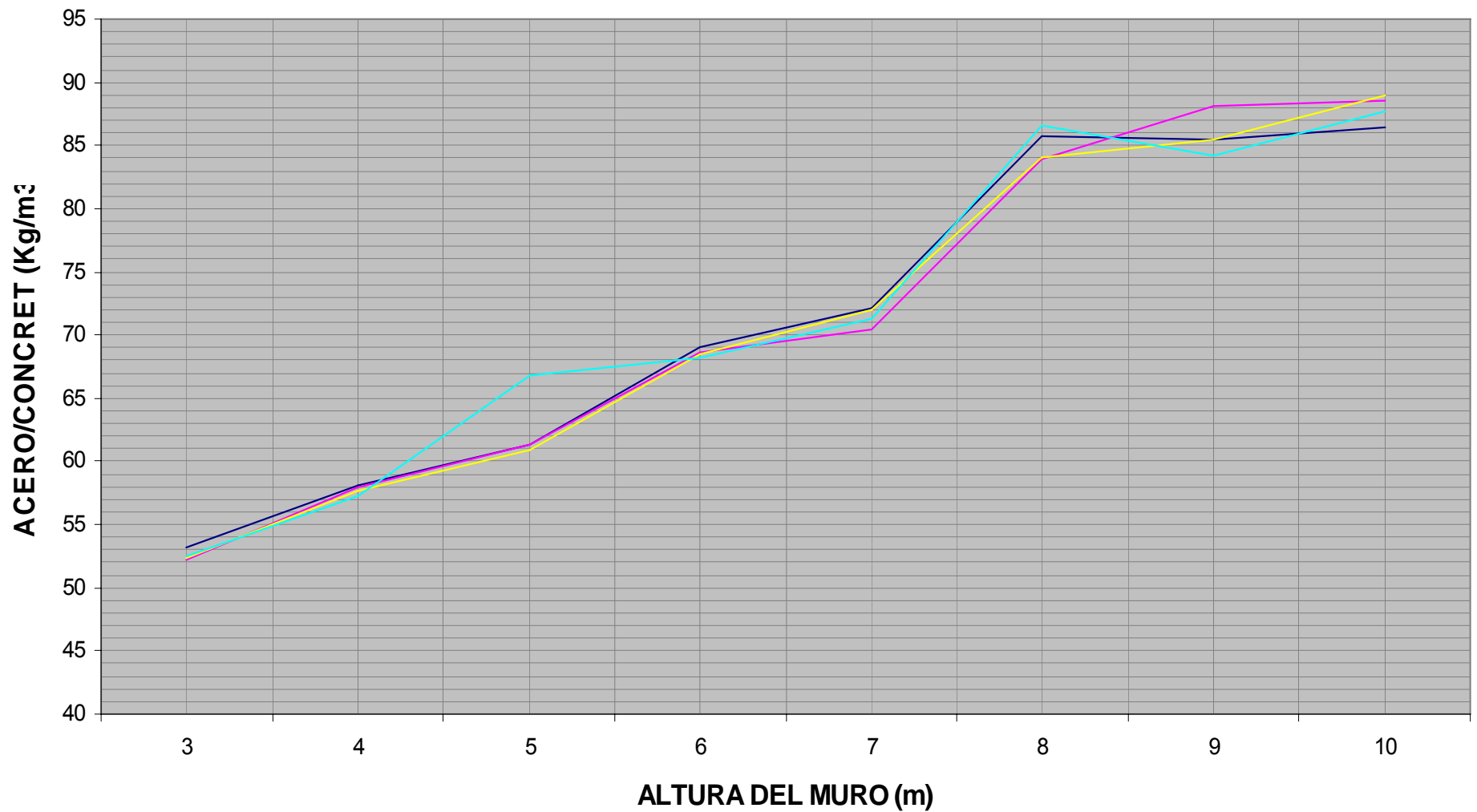
Cs=0 Cs=0,05 Cs=0,1 Cs=0,15



## RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

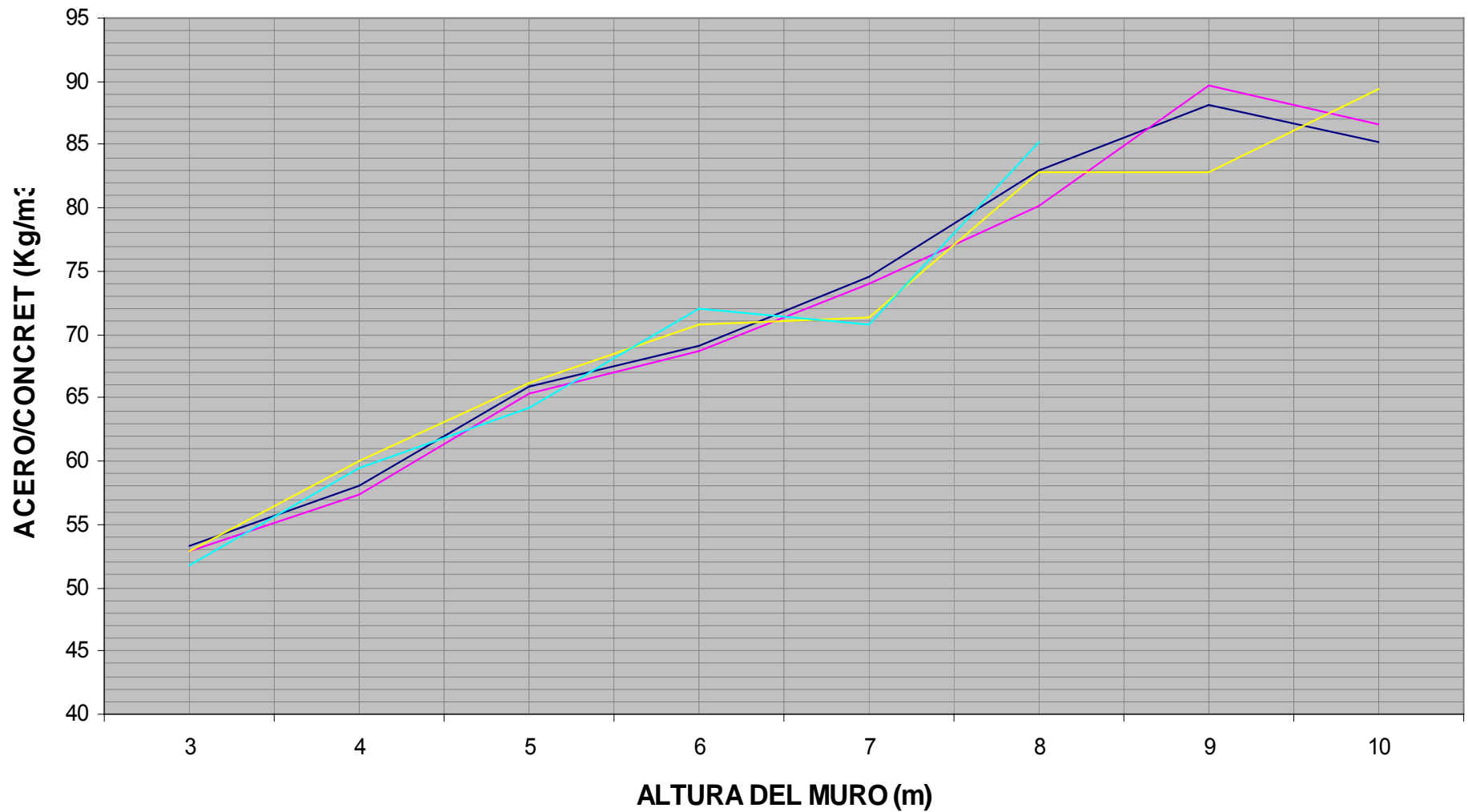
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

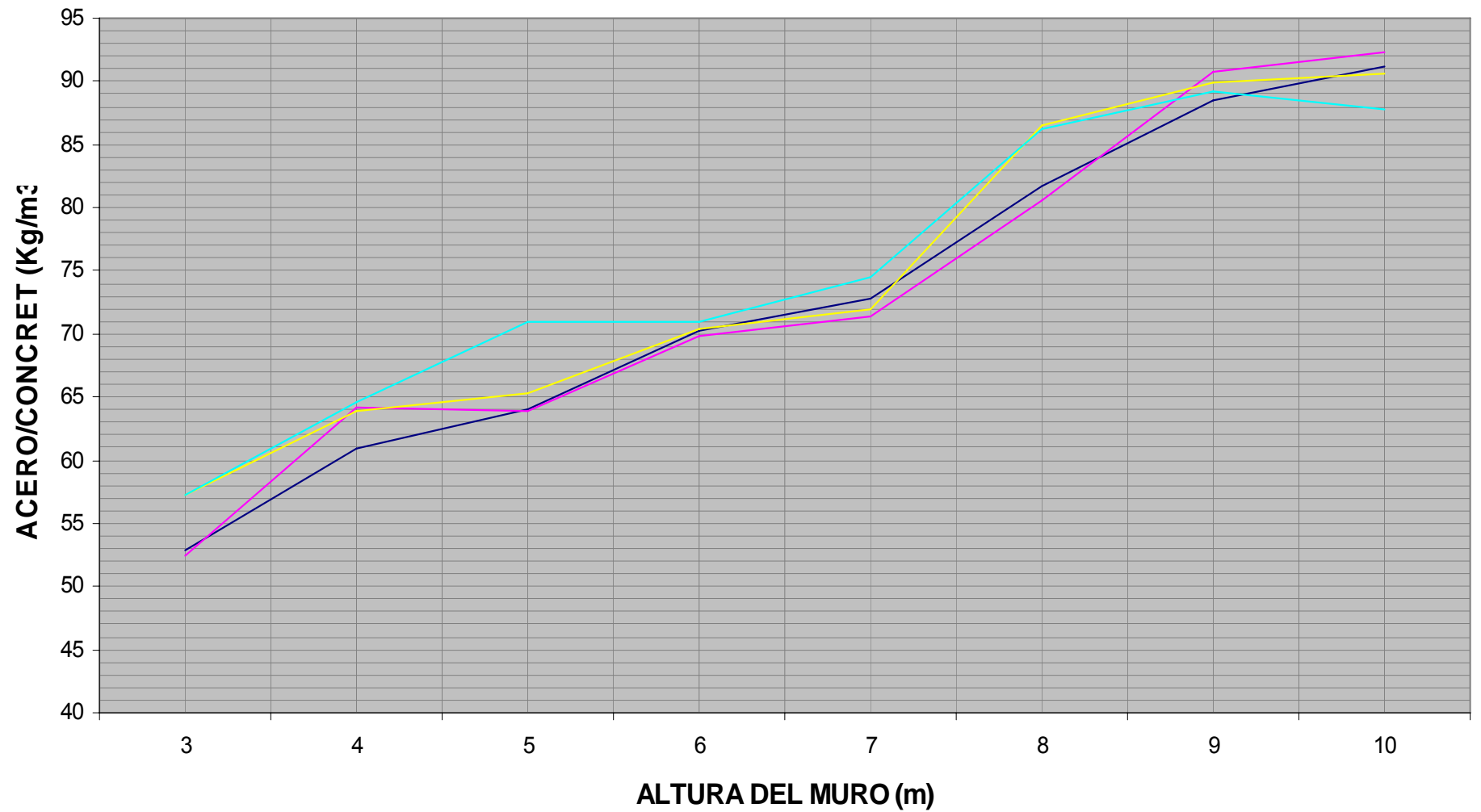
Cs=0 Cs=0,05 Cs=0,1 Cs=0,15



## RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

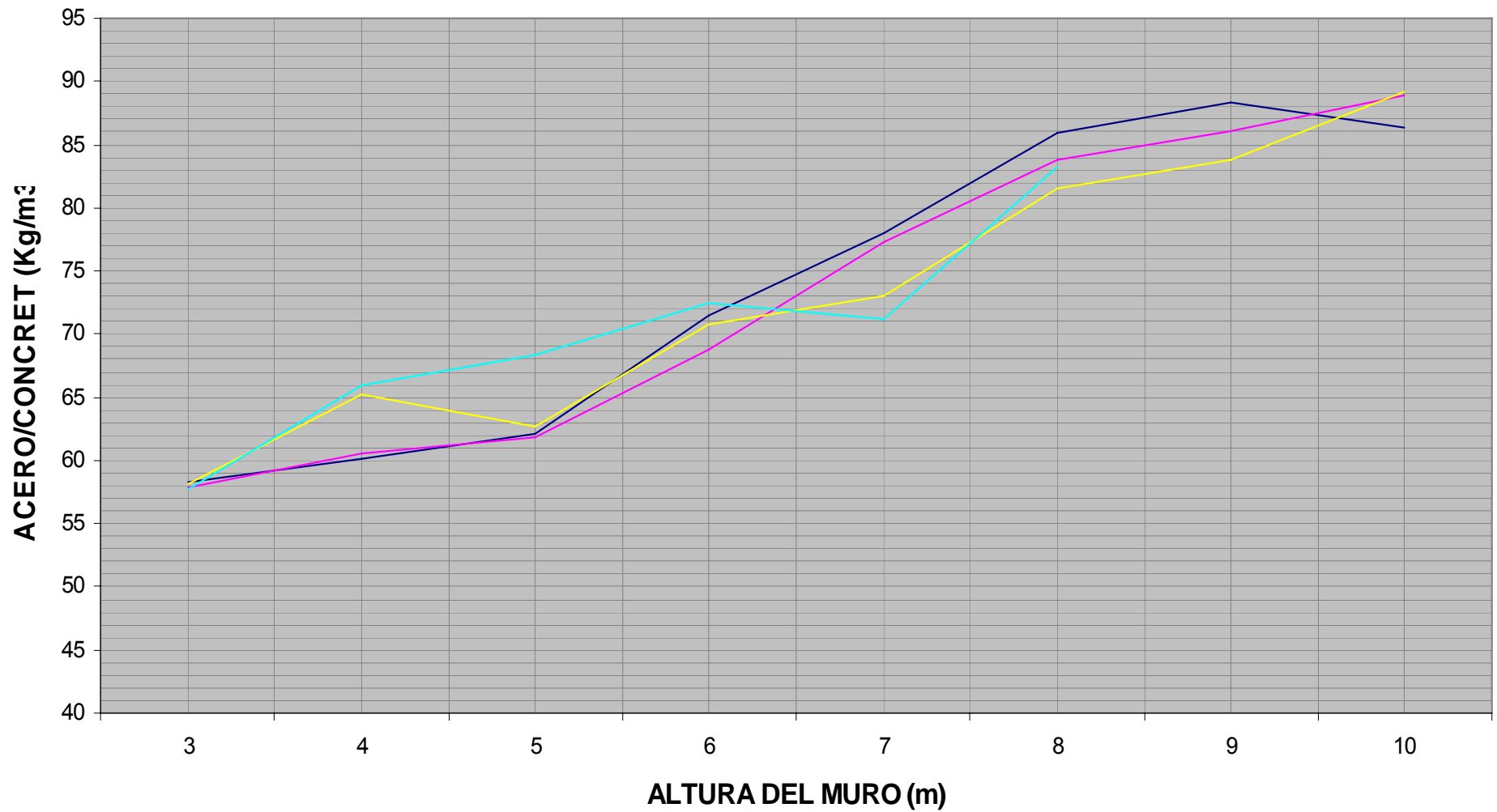
Cs=0 Cs=0,05 Cs=0,1 Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

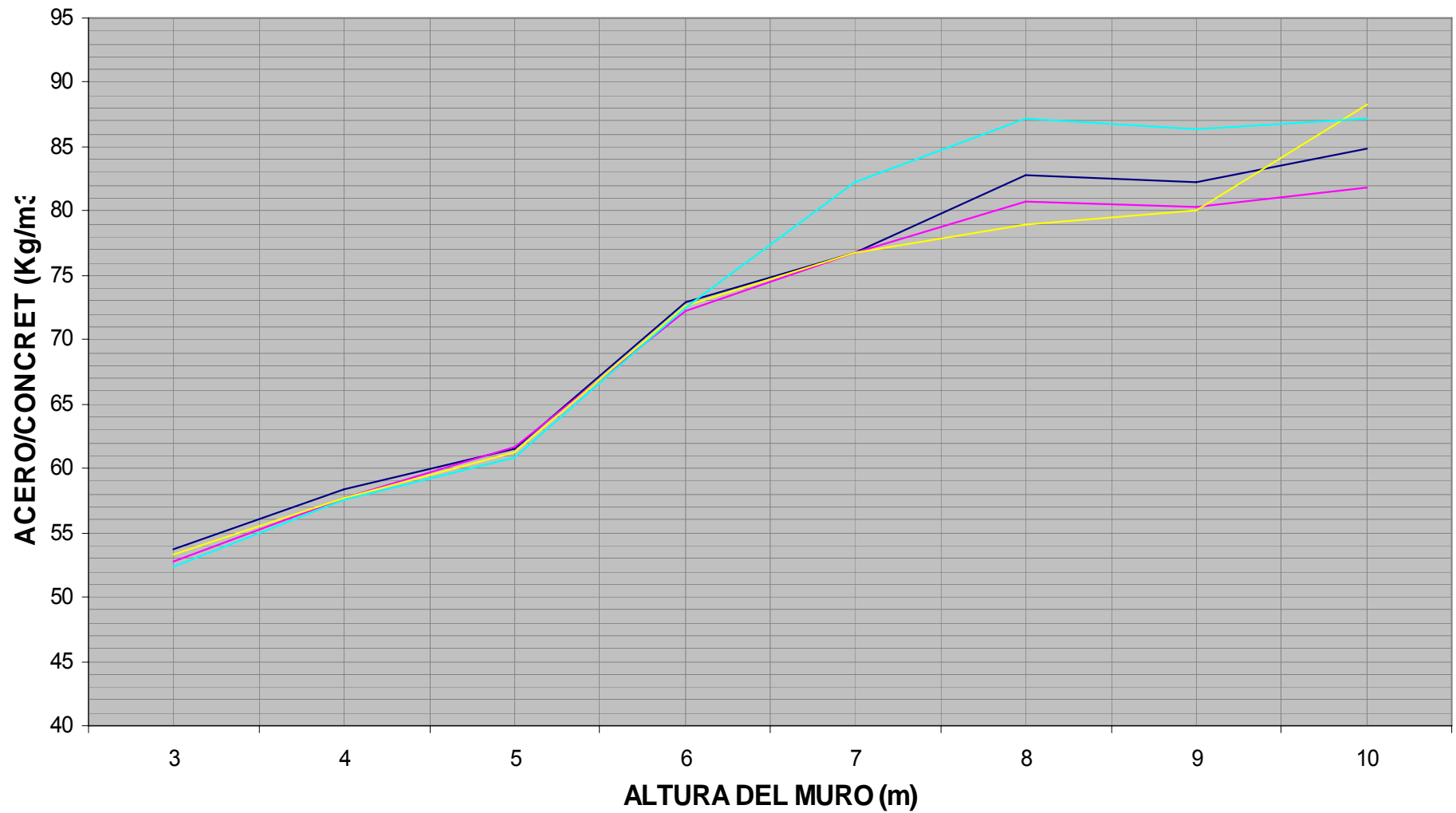
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

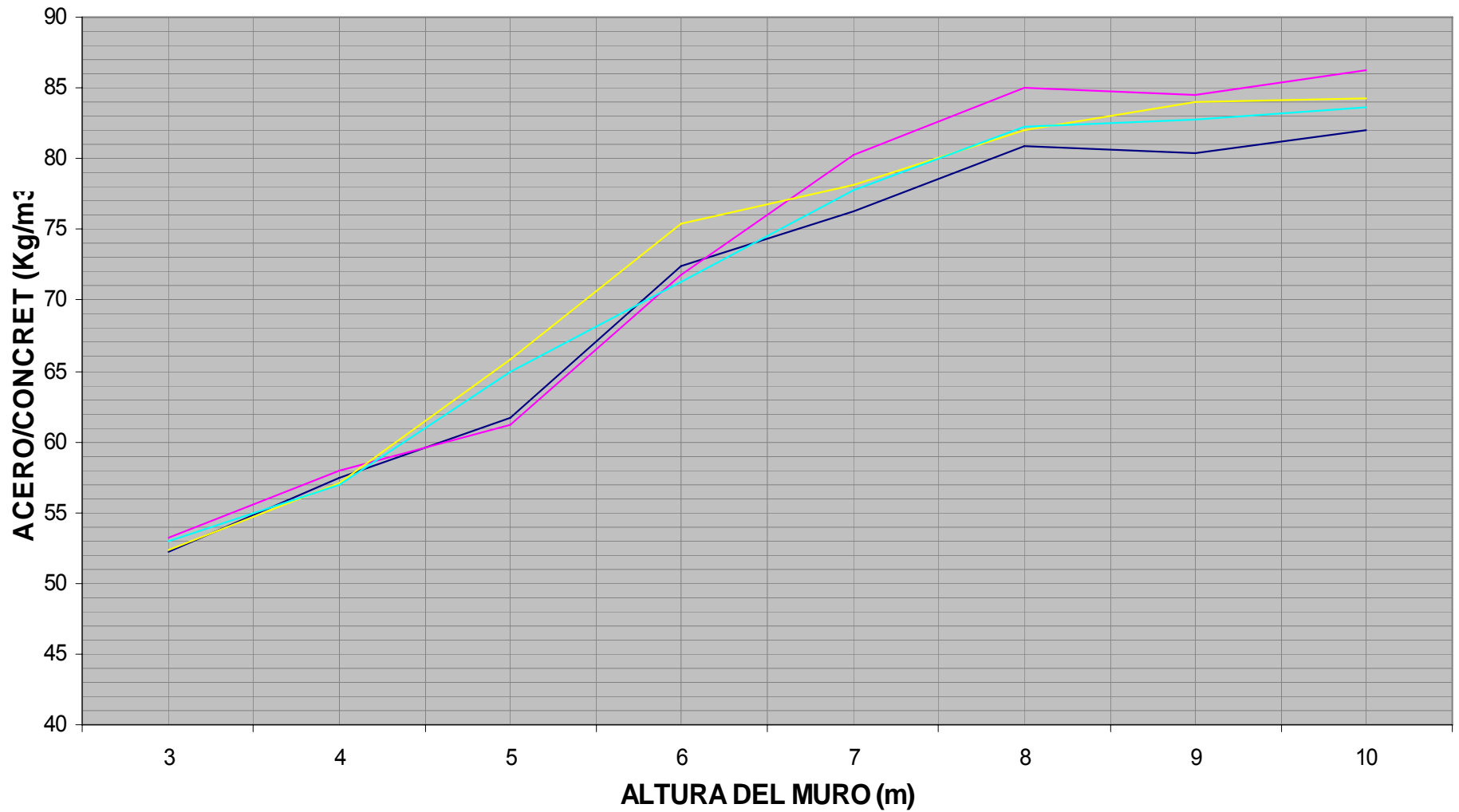
Cs=0 Cs=0,05 Cs=0,1 Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

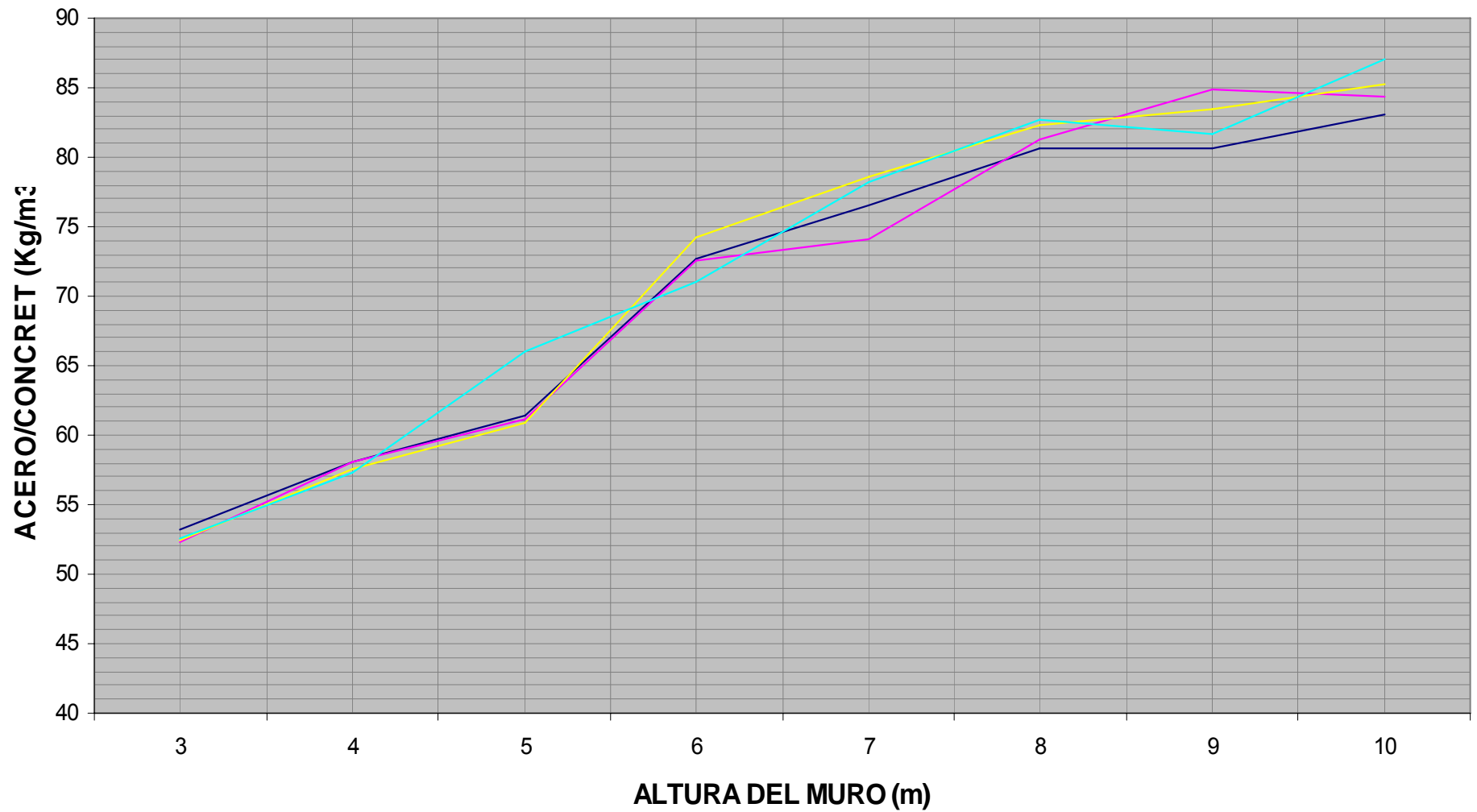
Cs=0 Cs=0,05 Cs=0,1 Cs=0,15



# RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 0 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

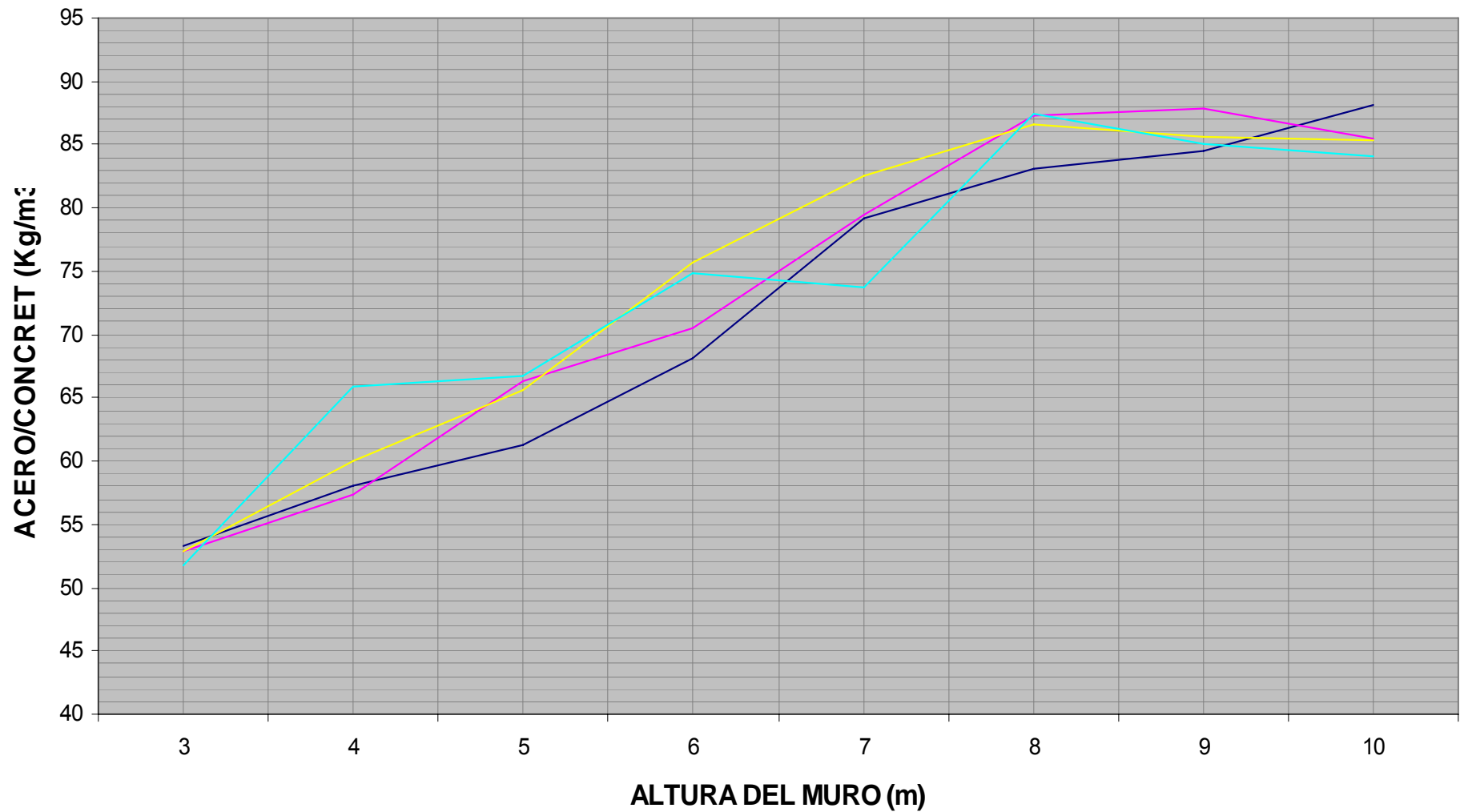
Cs=0 Cs=0,05 Cs=0,1 Cs=0,15



## RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 10 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$

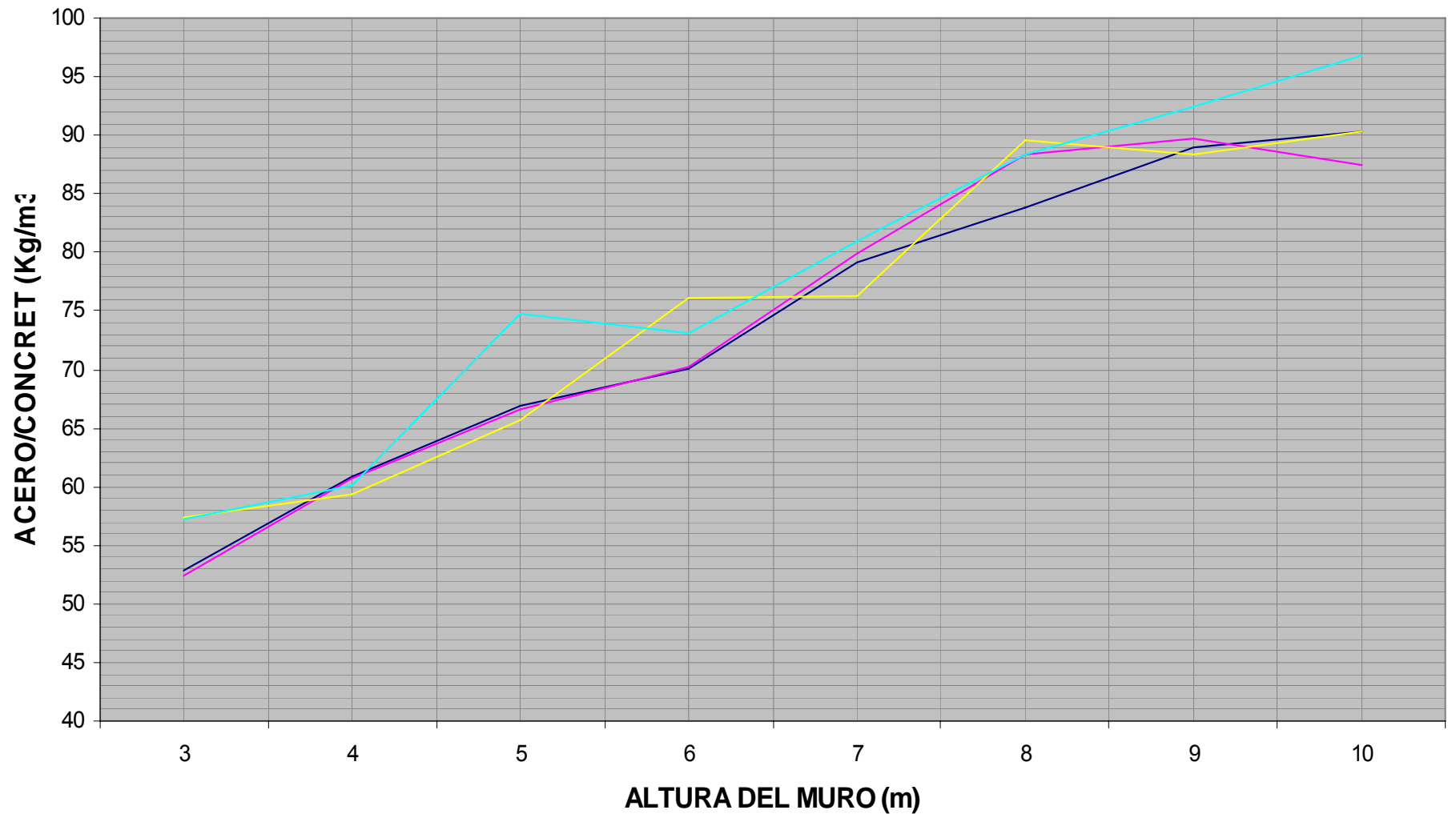
— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



## RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

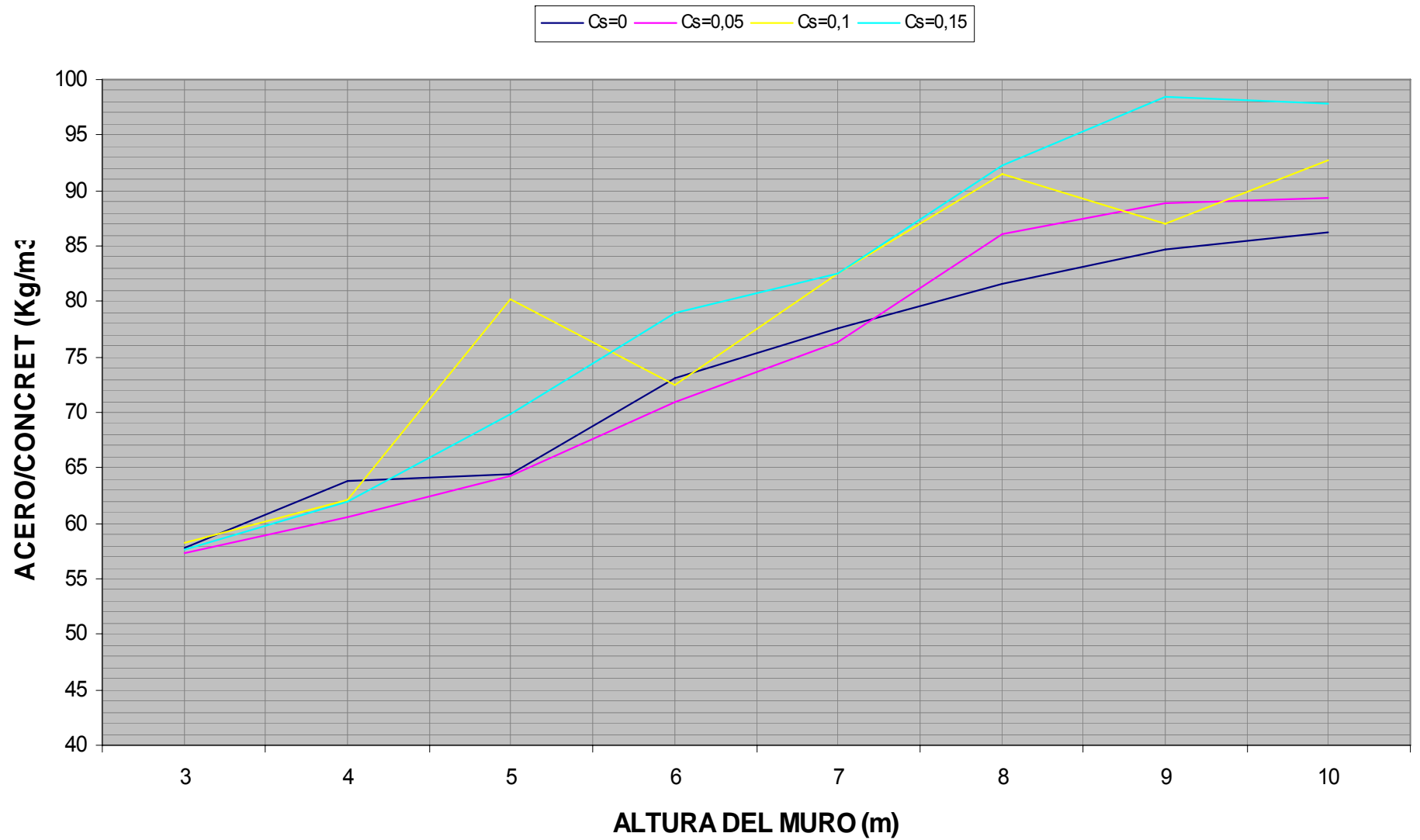
$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 0$

— Cs=0 — Cs=0,05 — Cs=0,1 — Cs=0,15



## RELACION ACERO/CONCRETO POR METRO LINEAL DE MURO

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$   $q = 20 \text{ KN/m}^2$   $\alpha = 10$



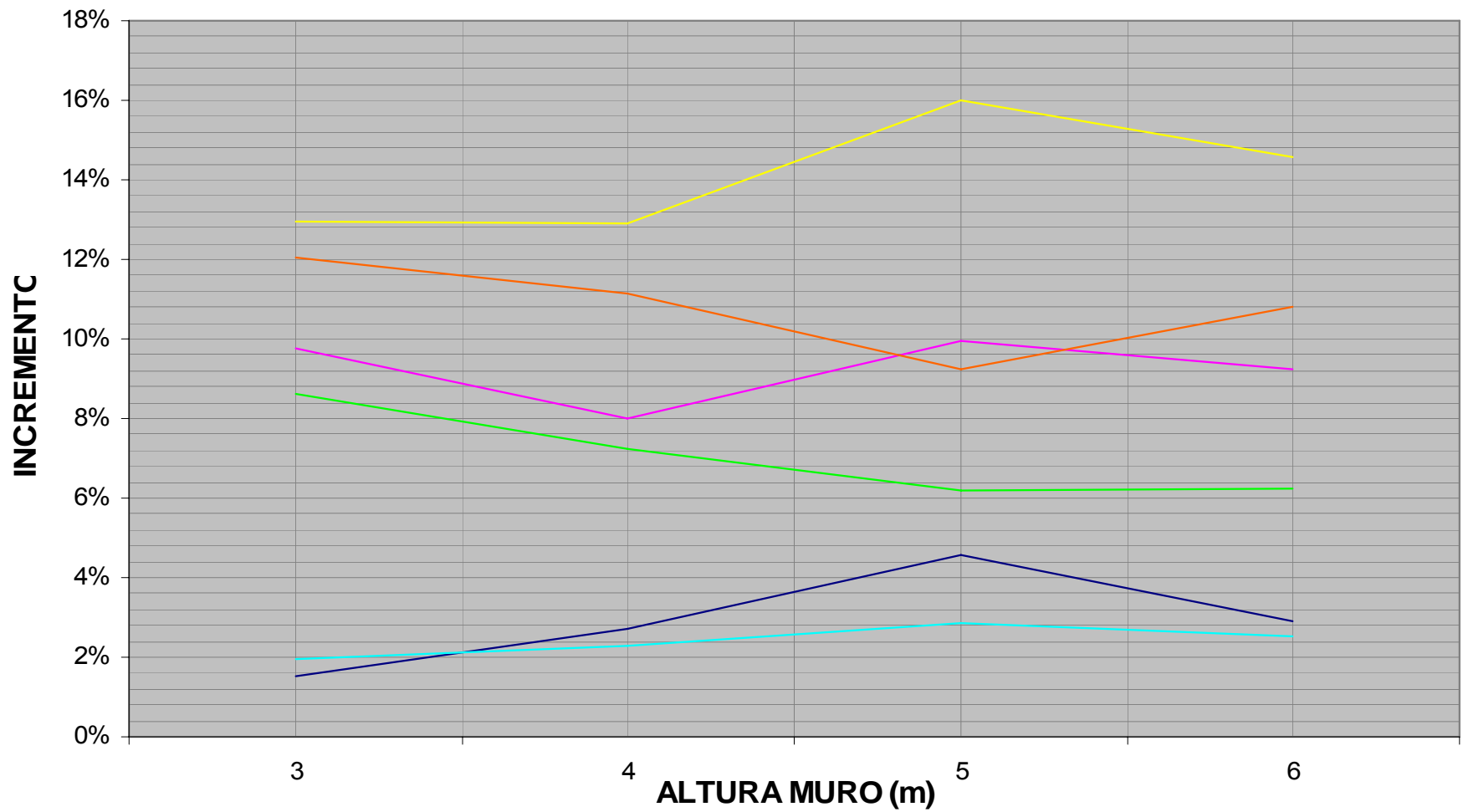
**ANEXO Nº 4**

COLECCIÓN DE CURVAS DE INCREMENTOS PORCENTUALES DE MATERIAL  
SEGÚN LA ZONA SÍSMICA

# INCREMENTO PORCENTUAL SEGUN ZONA SISMICA

$\sigma_{adm} = 100 \text{ KN/m}^2$

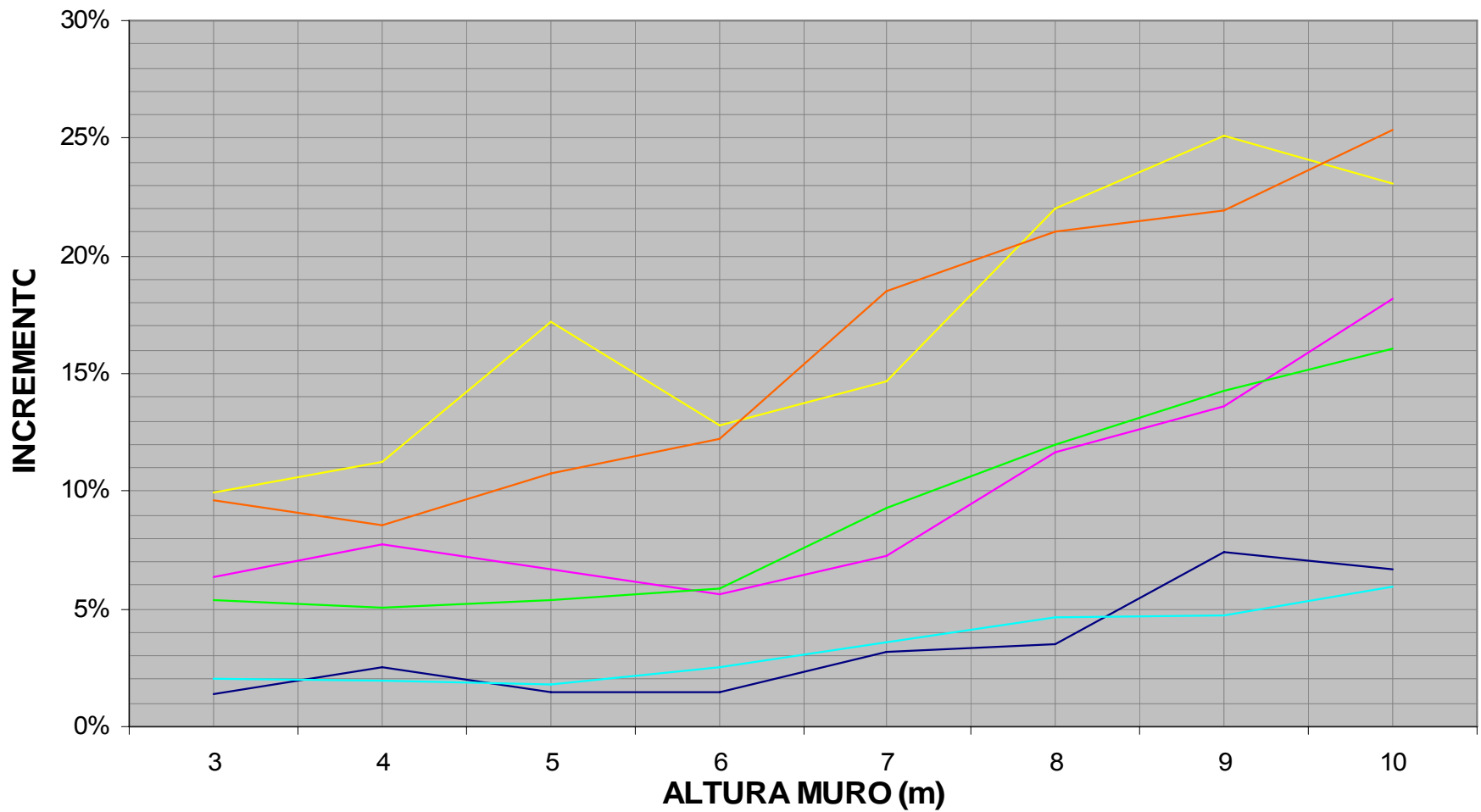
A\_Cs=0,05   A\_Cs=0,10   A\_Cs=0,15   C\_Cs=0,05   C\_Cs=0,10   C\_Cs=0,15



# INCREMENTO PORCENTUAL SEGUN ZONA SISMICA

$\sigma_{adm} = 200 \text{ KN/m}^2$

A\_Cs=0,05    A\_Cs=0,10    A\_Cs=0,15    C\_Cs=0,05    C\_Cs=0,10    C\_Cs=0,15



# INCREMENTO PORCENTUAL SEGUN ZONA SISMICA

$\sigma_{adm} = 300 \text{ KN/m}^2$

A\_Cs=0,05    A\_Cs=0,10    A\_Cs=0,15    C\_Cs=0,05    C\_Cs=0,10    C\_Cs=0,15

