****

MEMORIAS DE CÁLCULO DE DISEÑO ESTRUCTURAL



OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ACUEDUCTO MULTIVEREDAL DEL CORREGIMIENTO CESTILLAL DEL MUNICIPIO DE CAÑASGORDAS, ANTIOQUIA

Julio de 2014

Medellín – Colombia

**1. OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CAPATCIÓN CAPTACIÓN LA BERRIONDITA**

1.1 GENERALIDADES.

La captación de la fuente La Berriondita zona rural del municipio de Cañasgordas se optimiza construyendo aletas aguas arriba, dentellones y losas se piso aguas arriba y aguas abajo integradas a la estructura existente, la cual está constituida por dique.

El objetivo de la construcción de aletas, dentellones y losas de piso es la de garantizar mayor estabilidad y controlar procesos de socavación en la estructura, lo que conlleva a una mayor vida útil de ésta.

En el proceso constructivo se deben emplear anclajes epóxicos que garanticen el empotramiento de la estructura nueva a la estructura existente, además se deben emplear aditivos para la adherencia en concretos de diferentes edades.

Se modelará la estructura para condición de servicio, represamiento de agua a nivel de borde superior dique y para una creciente, estructura sumergida parcialmente, condición esta que no permanece en el tiempo por lo que no se considera subpresión para estructura sumergida de manera permanente.

1.2 MATERIALES

* Acero de refuerzo

fy = 4220 kg/cm2 ≅ 60000 psi ≅ 42,2 Mpa para φ ≥ 1/4”

* Concreto

f´c = 280 kg/cm2 ≅ 4000 psi ≅ 28,0 Mpa Integral

* Agregado grueso: φ 3/4” de origen ígneo o metamórfico libre de elementos contaminantes.
* Arenas propias para la fabricación del hormigón de origen ígneo o metamórfico libre de elementos contaminantes.
* Agua libre de elementos contaminantes se debe emplear en la elaboración del concreto.
* No se autoriza la utilización de acero de refuerzo de segunda o contaminado.
* Máxima relación agua: cemento: 0,42
* Emplear aditivos que garanticen adherencia de concretos diferentes edades.

1.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

1.3.1 Sección propuesta estructura condición de servicio

(2)

(9)

(3)

(1)

(4)

(8)

0.95

(0)

(5)

Estructura independiente

(7)

(6)

1.50

0.75

1.00

(10)

**Descripción:**

(1) Peso líquido aguas arriba.

(2) Peso líquido creciente.

(3) Peso líquido aguas abajo.

(4) Peso dique.

(5) Peso fundación.

(6) Peso dentellón aguas arriba.

(7) Peso dentellón aguas abajo.

(8) Empuje líquido almacenado.

(9) Peso puntual por sobre tamaño o sismo

(10) Subpresión.

Represamiento 0.25 m., por encima reja de captación.

#### **Solicitaciones por sismo**

* Inercia de la presa:

Fs = G \* Ks \* ∞

G = Peso de la presa = 3.47 ton/m.

Ks = Coeficiente sísmico = 1.00/40 intensidad sismo 7.

∞ = Coeficiente características dinámicas de construcción = 1.5.

Fs = 0.13 ton/m., aplicado a 0.42 H.

* Inercia del agua

Ps = (2/3) Ce \* β \* H2

Ce = (0.186)/[1.0 – 7.746 \* (H/(1000 \* t))2]1/2 = 0.186

β = Coeficiente que depende de la intensidad del sísmico = 0.04 sismo fuerte

H = 0.95 m.

Ps = 0.005 aplicado a 0.4 H

**Tabla 1. Análisis estructural estructura condición de servicio**

| **Nombre** | **Descripción** | | **Evaluación**  **(ton/m)** | | **Brazo(0)**  **(m)** | **Momento(0)**  **(ton-m/m)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Valor** |
| (1) | Peso líquido aguas arriba | | 1.50 \* 0.95 \* 1.05 | 1.50 | 1.50 | 2.25 |
| (2) | Peso líquido creciente | | --- | --- | --- | --- |
| (3) | Peso líquido aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (4) | Peso dique | | 1.45 \* 0.75 \* 2.40 | 2.61 | 0.38 | 0.98 |
| (5) | Peso fundación | | 1.50 \* 0.20 \* 2.40 | 0.72 | 1.50 | 1.08 |
| (6) | Peso dentellón aguas arriba | | 0.20 \* 0.30 \* 2.40 | 0.14 | 2.15 | 0.31 |
| (7) | Peso dentellón aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (8) | Empuje líquido | | 0.952 \* 1.05/2 | 0.47 | 0.32 | 0.15 |
| (9) | Peso puntual por sobre tamaño y sismo | Inercia presa | 0.13 | 0.13 | 0.40 | 0.05 |
| Inercia agua | 0.005 | 0.005 | 0.38 | Despreciable |
| Puntual sobre tamaño | 0.1 | 0.1 | 0.95 | 0.10 |
| (10) | Subpresión | | 0.95 \* 1.50 \* 1.00/2 | 0.71 | 1.00 | 0.71 |

Nota: La carga puntual sobre tamaño propuesta.

### 1.3.1.1 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Σ Fv = V1 + V4 + V5 +V6 + V7 - V10

Σ Fv = 4.26 ton/m

Σ M(+) = M1 +M4 + M5 +M6 + M7.

Σ M(+) = 4.61 ton-m/m

Σ M(-) = M8 +M9 + M10

Σ M(-) = 1.01 ton-m/m

Σ FH = V8 + V9

Σ FH = 0.71 ton/m

#### **Seguridad contra volcamiento**

fsv = Σ Mu (+)

Σ Mu (-)

Σ M0 (+) = 4.61 ton-m/m

Σ M0(-)  = 1.01 ton-m/m

∴ fsv = 4.56 *Bien !* > 3.0

#### **Punto de aplicación**

X0 = Σ Mo

Σ Fv

Σ M0 = Σ Mo(+) - Σ Mo(-)

Σ M0 = (4.61 – 1.01) ton-m/m

Σ M0 = 3.60 ton-m/m

Σ fV = 4.26 ton/m

∴ X0 = 0.85 m Dentro del tercio medio

Rango 0.75 m. a 1.50 m. *Bien!*

#### **Seguridad contra deslizamiento**

ff = 0.60

Σ fV = 4.26 ton/m

Σ FH = 0.71 ton/m

fsD = ffΣ fV = 3.60, *Bien!* > 2.0

Σ fH

## 1.3.2 Sección propuesta estructura sumergida parcialmente.

(2)

0.25

(9)

(3)

(1)

(4)

(8)

0.95

(0)

(5)

Estructura independiente

(7)

(6)

1.50

0.75

1.00

(10)

**Nombre Descripción**

(1) Peso líquido aguas arriba.

(2) Peso líquido creciente.

(3) Peso líquido aguas abajo.

(4) Peso dique.

(5) Peso fundación.

(6) Peso dentellón aguas arriba.

(7) Peso dentellón aguas abajo.

(8) Empuje líquido almacenado.

(9) Peso puntual por sobre tamaño o sismo

(10) Subpresión.

### Solicitaciones por sismo

* Inercia de la presa:

Fs = G \* Ks \* ∞

G = Peso de la presa = 3.47 ton/m.

Ks = Coeficiente sísmico = 1.00/40 intensidad sismo 7.

∞ = Coeficiente características dinámicas de construcción = 1.5.

Fs = 0.13 ton/m., aplicado a 0.42 H.

* Inercia del agua

Ps = (2/3) Ce \* β \* H2

Ce = (0.186)/[1.0 – 7.746 \* (H/(1000 \* t))2]1/2 = 0.186

β = Coeficiente que depende de la intensidad del sísmico = 0.04 sismo fuerte

H = 1.20 m.

Ps = 0.007 aplicado a 0.4 H

**Tabla 2.** **Análisis estructural estructura sumergida parcialmente.**

| **Nombre** | **Descripción** | | **Evaluación**  **(ton/m)** | | **Brazo(0)**  **(m)** | **Momento(0)**  **(ton-m/m)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Valor** |
| (1) | Peso líquido aguas arriba | | 1.50 \* 0.95 \* 1.05 | 1.50 | 1.50 | 2.25 |
| (2) | Peso líquido creciente | | 2.25 \* 0.25 \* 1.05 | 0.59 | 1.13 | 0.67 |
| (3) | Peso líquido aguas abajo | | --- | ---- | --- | --- |
| (4) | Peso dique | | 1.45 \* 0.75 \* 2.40 | 2.61 | 0.38 | 0.98 |
| (5) | Peso fundación | | 1.50 \* 0.20 \* 2.40 | 0.72 | 1.50 | 1.08 |
| (6) | Peso dentellón aguas arriba | | 0.20 \* 0.30 \* 2.40 | 0.14 | 2.15 | 0.31 |
| (7) | Peso dentellón aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (8) | Empuje líquido | | 1.202 \* 1.05/2 | 0.76 | 0.40 | 0.30 |
| (9) | Peso puntual por sobre tamaño y sismo | Inercia presa | 0.13 | 0.13 | 0.50 | 0.07 |
| Inercia agua | 0.007 | 0.007 | 0.48 | Despreciable |
| Puntual sobre tamaño | 0.1 | 0.1 | 0.95 | 0.10 |
| (10) | Subpresión | | 1.20 \* 1.50 \* 1.00/2 | 0.90 | 1.00 | 0.90 |

Nota: La carga puntual sobre tamaño propuesta.

### 1.3.2.1 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Σ Fv = V1 + V4 + V5 +V6 + V7 - V10

Σ Fv = 4.66 ton/m

Σ M(+) = M1 +M4 + M5 +M6 + M7.

Σ M(+) = 5.29 ton-m/m

Σ M(-) = M8 +M9 + M10

Σ M(-) = 1.37 ton-m/m

Σ FH = V8 + V9

Σ FH = 1.00 ton/m

Seguridad contra Volcamiento

fsv = Σ Mu (+)

Σ Mu (-)

Σ M0 (+) = 5.29 ton-m/m

Σ M0(-)  = 1.37 ton-m/m

∴ fsv = 3.86 *Bien !* > 2.0

Punto de aplicación

X0 = Σ Mo

Σ Fv

Σ M0 = Σ Mo(+) - Σ Mo(-)

Σ M0 = (5.29 – 1.01) ton-m/m

Σ M0 = 4.28 ton-m/m

Σ fV = 4.66 ton/m

∴ X0 = 0.92 m Dentro del tercio medio

Rango 0.75 m. a 1.50 m. *Bien!*

Seguridad contra deslizamiento

ff = 0.60

Σ fV = 4.66 ton/m

Σ FH = 1.00 ton/m

fsD = ffΣ fV = 2.80 *Bien!* > 2.0

Σ fH

**2. OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CAPTACIÓN LA BERRIONDA**

2.1 GENERALIDADES

La captación de la fuente La Berrionda zona rural del municipio de Cañasgordas se optimiza construyendo aletas aguas arriba, dentellones y losas se piso aguas arriba y aguas abajo integradas a la estructura existente, la cual está constituida por dique.

El objetivo de la construcción de aletas, dentellones y losas de piso es la de garantizar mayor estabilidad y controlar procesos de socavación en la estructura, lo que conlleva a una mayor vida útil de ésta.

En el proceso constructivo se deben emplear anclajes epóxicos que garanticen el empotramiento de la estructura nueva a la estructura existente, además se deben emplear aditivos para la adherencia en concretos de diferentes edades.

Se modelará la estructura para condición de servicio, represamiento de agua a nivel de borde superior dique y para una creciente, estructura sumergida parcialmente, condición esta que no permanece en el tiempo por lo que no se considera subpresión para estructura sumergida de manera permanente.

2.2 MATERIALES

* Acero de refuerzo

fy = 4220 kg/cm2 ≅ 60000 psi ≅ 42,2 Mpa para φ ≥ 1/4”

* Concreto

f´c = 280 kg/cm2 ≅ 4000 psi ≅ 28,0 Mpa Integral

* Agregado grueso: φ 3/4” de origen ígneo o metamórfico libre de elementos contaminantes.
* Arenas propias para la fabricación del hormigón de origen ígneo o metamórfico libre de elementos contaminantes.
* Agua libre de elementos contaminantes se debe emplear en la elaboración del concreto.
* No se autoriza la utilización de acero de refuerzo de segunda o contaminado.
* Máxima relación agua: cemento: 0,42
* Emplear aditivos que garanticen adherencia de concretos diferentes edades.

**2.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

### 2.3.1 Sección propuesta estructura de servicio

(9)

(1)

(4)

(8)

0.79

(0)

(5)

Estructura independiente

(7)

(6)

1.50

0.75

1.00

(10)

**Nombre Descripción**

(1) Peso líquido aguas arriba.

(2) Peso líquido creciente.

(3) Peso líquido aguas abajo.

(4) Peso dique.

(5) Peso fundación.

(6) Peso dentellón aguas arriba.

(7) Peso dentellón aguas abajo.

(8) Empuje líquido almacenado.

(9) Peso puntual por sobre tamaño y sismo

(10) Subpresión.

#### **Solicitaciones por sismo**

* Inercia de la presa:

Fs = G \* Ks \* ∞

G = Peso de la presa = 3.18 ton/m.

Ks = Coeficiente sísmico = 1.00/40 intensidad sismo 7.

∞ = Coeficiente características dinámicas de construcción = 1.5.

Fs = 0.12 ton/m., aplicado a 0.42 H.

* Inercia del agua

Ps = (2/3) Ce \* β \* H2

Ce = (0.186)/[1.0 – 7.746 \* (H/(1000 \* t))2]1/2 = 0.186

β = Coeficiente que depende de la intensidad del sísmico = 0.04 sismo fuerte

H = 0.79 m.

Ps = 0.003 aplicado a 0.4 H

**Tabla 3. Análisis estructural estructura de servicio**

| **Nombre** | **Descripción** | | **Evaluación**  **(ton/m)** | | **Brazo(0)**  **(m)** | **Momento(0)**  **(ton-m/m)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Valor** |
| (1) | Peso líquido aguas arriba | | 1.50 \* 0.79 \* 1.05 | 1.24 | 1.50 | 1.86 |
| (2) | Peso líquido creciente | | --- | --- | --- | --- |
| (3) | Peso líquido aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (4) | Peso dique | | 1.29 \* 0.75 \* 2.40 | 2.32 | 0.38 | 0.88 |
| (5) | Peso fundación | | 1.50 \* 0.20 \* 2.40 | 0.72 | 1.125 | 0.81 |
| (6) | Peso dentellón aguas arriba | | 0.20 \* 0.30 \* 2.40 | 0.14 | 2.15 | 0.31 |
| (7) | Peso dentellón aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (8) | Empuje líquido | | 0.792 \* 1.05/2 | 0.33 | 0.26 | 0.09 |
| (9) | Peso puntual por sobre tamaño y sismo | Inercia presa | 0.12 | 0.12 | 0.33 | 0.04 |
| Inercia agua | 0.003 | 0.003 | 0.32 | Despreciable |
| Puntual sobre tamaño | 0.1 | 0.1 | 0.79 | 0.08 |
| (10) | Subpresión | | 0.79 \* 1.50 \* 1.00/2 | 0.59 | 1.00 | 0.59 |

Nota: La carga puntual sobre tamaño propuesta.

2.3.1.1 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Σ Fv = V1 + V4 + V5 +V6 - V10

Σ Fv = 3.83 ton/m

Σ M(+) = M1 +M4 + M5 +M6

Σ M(+) = 3.86 ton-m/m

Σ M(-) = M8 +M9 + M10

Σ M(-) = 0.80 ton-m/m

Σ FH = V8 + V9

Σ FH = 0.55 ton/m

Seguridad contra Volcamiento

fsv = Σ Mu (+)

Σ Mu (-)

Σ M0 (+) = 3.86 ton-m/m

Σ M0(-)  = 0.80 ton-m/m

∴ fsv = 4.82 *Bien!* > 3.0

Punto de aplicación

X0 = Σ Mo

Σ Fv

Σ M0 = Σ Mo(+) - Σ Mo(-)

Σ M0 = (3.86 – 0.80) ton-m/m

Σ M0 = 3.06 ton-m/m

Σ fV = 3.83 ton/m

∴ X0 = 0.80 m Dentro del tercio medio

Rango 0.75 m. a 1.50 m. *Bien!*

Seguridad contra deslizamiento

ff = 0.60

Σ fV = 3.83 ton/m

Σ FH = 0.55 ton/m

fsD = ffΣ fV = 4.18, *Bien!* > 2.0

Σ fH

**2.3.2 Sección propuesta estructura sumergida parcialmente.**

(2)

0.41

(9)

(3)

(1)

(4)

(8)

0.79

(0)

(5)

Estructura independiente

(7)

(6)

1.50

0.75

1.00

(10)

**Nombre Descripción**

(1) Peso líquido aguas arriba.

(2) Peso líquido creciente.

(3) Peso líquido aguas abajo.

(4) Peso dique.

(5) Peso fundación.

(6) Peso dentellón aguas arriba.

(7) Peso dentellón aguas abajo.

(8) Empuje líquido almacenado.

(9) Peso puntual por sobre tamaño y sismo

(10) Subpresión.

**Solicitaciones por sismo**

* Inercia de la presa:

Fs = G \* Ks \* ∞

G = Peso de la presa = 3.18 ton/m.

Ks = Coeficiente sísmico = 1.00/40 intensidad sismo 7.

∞ = Coeficiente características dinámicas de construcción = 1.5.

Fs = 0.12 ton/m., aplicado a 0.42 H.

* Inercia del agua

Ps = (2/3) Ce \* β \* H2

Ce = (0.186)/[1.0 – 7.746 \* (H/(1000 \* t))2]1/2 = 0.186

β = Coeficiente que depende de la intensidad del sísmico = 0.04 sismo fuerte

H = 1.20 m.

Ps = 0.007 aplicado a 0.4 H

**Tabla 4. Análisis estructural estructura sumergida parcialmente.**

| **Nombre** | **Descripción** | | **Evaluación**  **(ton/m)** | | **Brazo(0)**  **(m)** | **Momento(0)**  **(ton-m/m)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Valor** |
| (1) | Peso líquido aguas arriba | | 1.50 \* 0.79 \* 1.05 | 1.24 | 1.50 | 1.86 |
| (2) | Peso líquido creciente | | 2.25 \* 0.41 \* 1.05 | 0.97 | 1.13 | 1.09 |
| (3) | Peso líquido aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (4) | Peso dique | | 1.29 \* 0.75 \* 2.40 | 2.32 | 0.38 | 0.88 |
| (5) | Peso fundación | | 1.50 \* 0.20 \* 2.40 | 0.72 | 1.125 | 0.81 |
| (6) | Peso dentellón aguas arriba | | 0.20 \* 0.30 \* 2.40 | 0.14 | 2.15 | 0.31 |
| (7) | Peso dentellón aguas abajo | | --- | --- | --- | --- |
| (8) | Empuje líquido | | 1.202 \* 1.05/2 | 0.76 | 0.40 | 0.30 |
| (9) | Peso puntual por sobre tamaño y sismo | Inercia presa | 0.12 | 0.12 | 0.50 | 0.04 |
| Inercia agua | 0.007 | 0.007 | 0.32 | Despreciable |
| Puntual sobre tamaño | 0.1 | 0.1 | 0.79 | 0.08 |
| (10) | Subpresión | | 1.20 \* 1.50 \* 1.00/2 | 0.90 | 1.00 | 0.90 |

Nota: La carga puntual sobre tamaño propuesta.

2.3.2.1 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

Σ Fv = V1 + V2 +V4 + V5 +V6 - V10

Σ Fv = 4.49 ton/m

Σ M(+) = M1 +M2 +M4 + M5 +M6

Σ M(+) = 4.95 ton-m/m

Σ M(-) = M8 +M9 + M10

Σ M(-) = 1.32 ton-m/m

Σ FH = V8 + V9

Σ FH = 0.99 ton/m

Seguridad contra Volcamiento

fsv = Σ Mu (+)

Σ Mu (-)

Σ M0 (+) = 4.95 ton-m/m

Σ M0(-)  = 1.32 ton-m/m

∴ fsv = 3.75 *Bien!* > 2.0

Punto de aplicación

X0 = Σ Mo

Σ Fv

Σ M0 = Σ Mo(+) - Σ Mo(-)

Σ M0 = (4.95 – 1.32) ton-m/m

Σ M0 = 3.63 ton-m/m

Σ fV = 4.49 ton/m

∴ X0 = 0.81 m Dentro del tercio medio

rango 0.75 m. a 1.50 m. *Bien!*

Seguridad contra deslizamiento

ff = 0.60

Σ fV = 4.49 ton/m

Σ FH = 0.99 ton/m

fsD = ffΣ fV = 2.72, *Bien!* > 1.5

Σ fH

3. OBRAS DE REHABILITACIÓN PARA PUNTOS AFECTADOS EN LA CONDUCCIÓN DE AGUAS CRUDAS

3.1 MATERIALES

* Acero de refuerzo

fy = 4220 kg/cm2 ≅ 60000 psi ≅ 42,2 Mpa para φ ≥ 1/4”

* Concreto

f´c = 211 kg/cm2 ≅ 3000 psi ≅ 21,0 Mpa Integral

* Agregado grueso: φ 3/4” de origen ígneo o metamórfico libre de elementos contaminantes.
* Arenas propias para la fabricación del hormigón de origen ígneo o metamórfico libre de elementos contaminantes.
* Agua libre de elementos contaminantes se debe emplear en la elaboración del concreto.
* No se autoriza la utilización de acero de refuerzo de segunda o contaminado.
* Máxima relación agua: cemento: 0,42

**3.2 CONDICIONES GEOMETRÍCAS**

**Tabla 5. Condiciones geométricas para las diferentes longitudes de viaducto**

|  |  |
| --- | --- |
| **Longitud (m)** | **h (m)** |
| 20 | Variable 0.75 a 2.00 |
| 25 | Variable 0.75 a 2.00 |
| 30 | Variable 0.75 a 2.00 |
| 35 | Variable 0.75 a 2.00 |
| 40 | Variable 0.75 a 2.00 |
| 45 | Variable 0.75 a 2.00 |
| 50 | Variable 0.75 a 2.00 |

h

h

α α

L/2

L/2

α = artang ((h)/(L/2))

L = Longitud entre apoyos cable.

h = Altura entre apoyo superior y nivel inferior del cable.

**3.3 EVALUACIÓN DE CARGAS SOBRE CABLE**

T

T

W

W/2

W/2

L/2

L/2

α α

Carga de viento = Wwbásica \* área contacto

Wwbásica = 45 kg/m2

Área contacto = Derivada de Ø/2

Carga de viento = 45 \* 0.16 = 7.20 kg/m

**Tabla 6. Evaluación de cargas sobre el cable**

| **Descripción** | **Evaluación (kg/m)** |
| --- | --- |
| Peso Líquido | 8.10 |
| Peso Materiales | 2.90 |
| Peso cable | 1.00 |
| Carga de viento | 7.20 |
| Carga Viva | 10.00 |
| Carga sismo (10% WD) | 1.20 |
| WD | 12.00 |
| WL | 10.00 |
| Ws | 1.20 |
| WW | 7.20 |
| WD + WL + WS + WW | 30.40 |

**3.4 ESFUERZOS EN CABLE Y APOYO**

T

W/2

α

W

sen α = (W/2)/T

T = (W/2)/sen α

VH

T

Vv

α = Variable

α

VH = T cos α

VV = T sen α

TD = T/0.6

**3.5 ESFUERZOS EN CABLE.**

**Tabla 7. Esfuerzos en el cable para vuelos de 20m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 20.00 | 30.40 | 0.61 | 0.75 | 4.29 | 4.08 | 6.80 | 7/16 | 4.07 | 0.31 |
| 1.00 | 5.71 | 3.07 | 5.12 | 3/8 | 3.05 |
| 1.25 | 7.13 | 2.46 | 4.10 | 3/8 | 2.44 |
| 1.50 | 8.53 | 2.06 | 3.43 | 5/16 | 2.04 |
| 1.75 | 9.93 | 1.80 | 3.00 | 5/16 | 1.77 |
| 2.00 | 11.31 | 1.58 | 2.63 | 1/4 | 1.55 |

**Tabla 8. Esfuerzos en el cable para vuelos de 25m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 25.00 | 30.40 | 0.76 | 0.75 | 3.44 | 6.33 | 10.58 | 9/16 | 6.32 | 0.38 |
| 1.00 | 4.57 | 4.77 | 7.95 | 1/2 | 4.75 |
| 1.25 | 5.71 | 3.82 | 6.36 | 7/16 | 3.80 |
| 1.50 | 6.84 | 3.19 | 5.32 | 3/8 | 3.17 |
| 1.75 | 7.97 | 2.74 | 4.57 | 3/8 | 2.71 |
| 2.00 | 9.09 | 2.41 | 4.01 | 3/8 | 2.38 |

**Tabla 9. Esfuerzos en el cable para vuelos de 30m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 30.00 | 30.40 | 0.91 | 0.75 | 2.86 | 9.12 | 15.20 | 5/8 | 9.11 | 0.46 |
| 1.00 | 3.81 | 6.85 | 11.42 | 9/16 | 6.83 |
| 1.25 | 4.76 | 5.48 | 9.13 | 1/2 | 5.42 |
| 1.50 | 3.71 | 4.57 | 7.62 | 7/16 | 4.55 |
| 1.75 | 6.65 | 3.93 | 6.55 | 7/16 | 3.90 |
| 2.00 | 7.60 | 3.44 | 5.73 | 7/16 | 3.41 |

**Tabla 10. Esfuerzos en el cable para vuelos de 35m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 35.00 | 30.40 | 1.07 | 0.75 | 2.45 | 12.52 | 20.87 | 3/4 | 12.50 | 0.54 |
| 1.00 | 3.27 | 9.38 | 15.63 | 5/8 | 9.36 |
| 1.25 | 4.09 | 7.50 | 12.50 | 9/16 | 7.48 |
| 1.50 | 4.90 | 6.26 | 10.43 | 9/16 | 6.24 |
| 1.75 | 5.71 | 5.38 | 8.97 | 1/2 | 5.35 |
| 2.00 | 6.52 | 4.71 | 7.85 | 1/2 | 4.68 |

**Tabla 11. Esfuerzos en el cable para vuelos de 40m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 40.00 | 30.40 | 1.22 | 0.75 | 2.15 | 16.26 | 27.10 | 7/8 | 16.25 | 0.61 |
| 1.00 | 2.86 | 12.23 | 20.38 | 3/4 | 12.21 |
| 1.25 | 3.58 | 9.77 | 16.28 | 3/4 | 9.75 |
| 1.50 | 4.29 | 8.15 | 13.58 | 5/8 | 8.13 |
| 1.75 | 5.00 | 7.00 | 11.26 | 9/16 | 6.97 |
| 2.00 | 5.71 | 6.13 | 10.20 | 9/16 | 6.10 |

**Tabla 12. Esfuerzos en el cable para vuelos de 45m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 45.00 | 30.40 | 1.37 | 0.75 | 1.91 | 20.50 | 34.25 | 1 | 20.49 | 0.68 |
| 1.00 | 2.54 | 15.50 | 25.80 | 7/8 | 15.48 |
| 1.25 | 3.18 | 12.40 | 20.60 | 7/8 | 12.38 |
| 1.50 | 3.81 | 10.30 | 17.20 | 3/4 | 10.28 |
| 1.75 | 4.45 | 8.80 | 14.70 | 3/4 | 8.77 |
| 2.00 | 5.08 | 7.70 | 12.90 | 5/8 | 7.67 |

**Tabla 13. Esfuerzos en el cable para vuelos de 50m**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Longitud (m)** | **w**  **(kg/m)** | **W**  **(ton)** | **h**  **(m)** | **α**  **(°)** | **T**  **(ton)** | **TD**  **(ton)** | **Ø cable**  **(pulg)** | **Vh**  **(ton)** | **Vv (ton)** |
| 50.00 | 30.40 | 1.52 | 0.75 | 1.72 | 25.30 | 42.20 | 11/8 | 25.30 | 0.76 |
| 1.00 | 2.29 | 19.00 | 31.70 | 1 | 19.00 |
| 1.25 | 2.86 | 15.20 | 25.40 | 7/8 | 15.20 |
| 1.50 | 3.43 | 12.70 | 21.20 | 7/8 | 12.70 |
| 1.75 | 4.00 | 10.90 | 18.20 | 3/4 | 10.90 |
| 2.00 | 4.57 | 9.50 | 15.90 | 3/4 | 9.50 |

**3.6 CARACTERÍSTICAS CABLE**

Cable galvanizado de alma de acero 6 \* 19 ó 6 \* 26 EIPS

El cable que fijará conducción a cable galvanizado principal se protegerá introduciéndolo en conducción plástica.

**3.7 CARACTERÍSTICAS APOYO CABLE**

Los cables galvanizados alma de acero se apoyarán en sus extremos en marcos metálicos.

**3.8 SOLICITACIONES EN APOYO**

Véase Vh y Vv para cada propuesta de longitud de cables en tablas anteriores. Adicionalmente el apoyo propuesto, pila corta estará solicitada a momento equivalente a solicitación horizontal por altura apoyo cable.

Los apoyos para los cables se definieron a una misma altura, h = 1.50 m.

**Tabla 14. Solicitaciones en apoyo para las diferentes longitudes de vuelo**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Longitud cable (m)** | **Vh (ton)** | **h (m)** | **M = Vh \* h (ton-m)** |
| 20 | 1.77 | 1.75 | 3.10 |
| 25 | 2.71 | 1.75 | 4.74 |
| 30 | 3.90 | 1.75 | 6.83 |
| 35 | 5.35 | 1.75 | 9.36 |
| 40 | 6.97 | 1.75 | 12.20 |
| 45 | 8.77 | 1.75 | 15.35 |
| 50 | 10.90 | 1.75 | 19.08 |