SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in)	78		
CLASE	***3-150***		
Recubrim.	**3**		
Pw	**150**	Presion de trabajo PSI	**Nominal**
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	0,0	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	180,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	10.036	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

Cable de presfuerzo

ds	**0,192**	diametro del alambrón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λs	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λm	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy*y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λy	0,339	in

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in2/ft
Ac	68,282	in2/ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f ' t	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f ' tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)		Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)	
C_{m1e}	0,1247	C_{m1p}	0,2157	C_{m1f}	0,1208
C_{m2e}	0,0885	C_{m2p}	0,1016	C_{m2f}	0,0878
C_{n1e}	0,3255	C_{n1p}	0,1029	C_{n1f}	-0,2703
C_{n2e}	0,5386	C_{n2p}	0,3026	C_{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma	0,914	in2 / ft	espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)
C.3.2. As mir	0,232	in2 / ft	espacio max 1.5" (AWWA C301)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	150	psi	Presion de trabajo
Pt	0	psi	Presion trasciente
Pb	240	psi	Presion de rotura (para estimación de As)
As	0,399	in2/ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,600	in2/ft	As/tubo 13,780
			total espiras 476

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable

para RH=70%, tenemos

$\phi 1$	1,76
$\phi 2$	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

ϕci	1,643
ϕcom	1,296
ϕm	1,979
ϕ	1,293

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04	sci	1,75E-04
s2	2,99E-04	scom	2,02E-04
		sm	3,18E-04
		s	1,73E-04

d. relajación del alambrón

R	0,0802

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1324	PSI
f iy	11690	PSI
f is	-164.609	PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	103050,1958	*f* cr	975	PSI
2	6,63E+03	εcr	2,54E-04	
3	8449,83738	*f* yr	23.690	PSI
denominador	90,24000175	*f sr*	-139.277	PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po	152,96	PSI

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Pw ≤ Po	W1	CUMPLE
Pw + Pt ≤ min (Pk' , 1.4 Po)	WT1	CUMPLE

Pk'	211,1	psi
min (Pk' , 1.4 Po)	211,1	psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	975	PSI	
εcr	2,54E-04	in/in	
f yr	23.690	PSI	
εyr	7,90E-04	in/in	
f sr	-139.277	PSI	
εsr	-4,97E-03	in/in	
Po	152,96	PSI	
No	75.901	lb / ft	
Pk'	211,1	psi	
Nk'	104.771	lb/ft	
Wp	1.887	lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e_0	2,983	in

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	Pw ≤ Po	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	Pw + Pt ≤ min (Pk' , 1.4 Po)	WT1	CUMPLE

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in)	78	
CLASE	***4-150***	
Recubrim.	**4**	
Pw	**150**	Presion de trabajo PSI **Nominal**
Di	78,74	diametro interno in
Dy	82,7	diametro cilindro in
hc	5,75	espesor nucleo in
Pt	85,5	Presion trasiente PSI (40% Pw)
Pft	180,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)
We	12.710	Carga muerta lb/ft
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft

Cable de presfuerzo

ds	**0,192**	diametro del alambrón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λs	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λm	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λy	0,339	in

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in2/ft
Ac	68,282	in2/ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f ' t	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f ' tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)		Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)	
C_{m1e}	0,1247	C_{m1p}	0,2157	C_{m1f}	0,1208
C_{m2e}	0,0885	C_{m2p}	0,1016	C_{m2f}	0,0878
C_{n1e}	0,3255	C_{n1p}	0,1029	C_{n1f}	-0,2703
C_{n2e}	0,5386	C_{n2p}	0,3026	C_{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma	0,914	in2 / ft	espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)
C.3.2. As mir	0,232	in2 / ft	espacio max 1.5" (AWWA C301)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	150	psi	Presion de trabajo
Pt	86	psi	Presion trasciente
Pb	411	psi	Presion de rotura (para estimación de As)
As	0,761	in2/ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,761	in2/ft	As/tubo 17,477
			total espiras 604

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable

para RH=70%, tenemos

$\phi 1$	1,76
$\phi 2$	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

ϕci	1,643
ϕcom	1,296
ϕm	1,979
ϕ	1,293

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04	sci	1,75E-04
s2	2,99E-04	scom	2,02E-04
		sm	3,18E-04
		s	1,73E-04

d. relajación del alambrón

R	0,0720

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1651	PSI
f iy	14584	PSI
f is	-161.913	PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	130427,6326	*f* cr	1222	PSI
2	7,41E+03	εcr	3,18E-04	
3	9615,044636	*f* yr	28.363	PSI
denominador	92,83196762	*f sr*	-136.357	PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 194,46 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Pw ≤ Po	W1	CUMPLE
Pw + Pt ≤ min (Pk' , 1.4 Po)	WT1	CUMPLE

Pk'	253,5	psi
min (Pk' , 1.4 Po)	253,5	psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1222	PSI	
εcr	3,18E-04	in/in	
f yr	28.363	PSI	
εyr	9,45E-04	in/in	
f sr	-136.357	PSI	
εsr	-4,87E-03	in/in	
Po	194,46	PSI	
No	96.493	lb / ft	
Pk'	253,5	psi	
Nk'	125.782	lb/ft	
Wp	1.896	lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e_0	3,026	in

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	Pw ≤ Po	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	Pw + Pt ≤ min (Pk' , 1.4 Po)	WT1	CUMPLE

CHEQUEO DEL DISEÑO DE ACUERDO A AWWAC304-99

CHECK AWWA304+Pt

SECCION C.2 PARAMETROS DE DISEÑO

Tubo y nucleo

Diametro (in)	78		
CLASE	***5-150***		
Recubrim.	**5**		
Pw	**150**	Presion de trabajo PSI	**Nominal**
Di	78,74	diametro interno in	
Dy	82,7	diametro cilindro in	
hc	5,75	espesor nucleo in	
Pt	119,7	Presion trasiente PSI (40% Pw)	
Pft	180,0	Prueba hidrostatica PSI (1.2*Pw)	
We	15.105	Carga muerta lb/ft	
Wt	0	Sobrecarga lb/ft (vivas, impacto, etc)	
Wf	2.110	Peso del fluido lb/ft	

Cable de presfuerzo

ds	**0,192**	diametro del alambrón
fsg	175.500	tensión de enrollamiento PSI
fsu	234.000	esfuerzo mínimo de tensión de especificación para el cable PSI
Es	28.000.000	modulo de elasticidad de diseño del cable PSI
fsy	198.900	Limite de fluencia del cable PSI
λs	0,0167	
εsg	0,006267857	
εsy	0,007103571	

mortero

hm	0,942	espesor (in)
hm	1,00	espesor especificación (in)
λm	0,0870	
R	42,745	radio al centroide de la pared del tubo (in)

cilindro

ty	0,0598	gauge 16 espesor de la lámina (in)
fyy	27.000	esfuerzo de fluencia del acero del cilindro
fy y	36.000	esfuerzo del cilindro a la rotura (fyy=75%fy*y)
Ey	30.000.000	modulo d elasticidad del cilindro
hci	1,92	espesor del nucleo de la lamina al interior (in)
dy	1,95	in
λy	0,339	in

secciones transversales cilindro y concreto

Ay	0,718	in2/ft
Ac	68,282	in2/ft

Concreto

f 'c	5.500	PSI
Ec	3.840.887	modulo de elasticidad del concreto PSI
n	7,29	
n'	7,81	
f ' t	519	PSI
εt'	1,35E-04	in/in
εk'	1,49E-03	in/in

mortero

f 'm	4.500	PSI
Em	3.429.842	modulo de elasticidad del mortero PSI
m	0,89298	antes de ablandamiento
f ' tm	470	psi
εt'm	1,37E-04	in / in
εk'm	1,10E-03	in / in

condiciones ambientales

RH	70%	humedad relativa
t1	270 dias	tiempo en patios
t2	90 dias	tiempo enterrado sin agua

coeficientes de momento y cortante

Carga de tierra (Apoyo 90° Olander)		Peso del tubo (Apoyo 15° Olander)		Peso del fluido (Apoyo 90° Olander)	
C_{m1e}	0,1247	C_{m1p}	0,2157	C_{m1f}	0,1208
C_{m2e}	0,0885	C_{m2p}	0,1016	C_{m2f}	0,0878
C_{n1e}	0,3255	C_{n1p}	0,1029	C_{n1f}	-0,2703
C_{n2e}	0,5386	C_{n2p}	0,3026	C_{n2f}	-0,0617

SECCION C.3. AREAS DE REFUERZO

C.3.1. As ma	0,914	in2 / ft	espacio libre 0.188" (AWWA C301/64)
C.3.2. As min	0,232	in2 / ft	espacio max 1.5" (AWWA C301)

* de acuerdo al criterio del standard de 1964

C.3.3. As requerido basado en la presión de rotura

Pw	150	psi	Presion de trabajo
Pt	120	psi	Presion trasciente
Pb	479	psi	Presion de rotura (para estimación de As)
As	0,906	in2/ft	Estimado de acuerdo a C.3.3. basado en Pw
As	0,906	in2/ft	As/tubo 20,807
			total espiras 719

SECCION C.4. CALCULO DE ESTADOS DE ESFUERZO

C.4.1. Razones de modulo

ni	8,23	nr	7,02
ni'	8,83	nr'	7,47

C.4.2. Fluencia lenta (Creep), retracción de fraguado y relajación del cable

para RH=70%, tenemos

$\phi 1$	1,76
$\phi 2$	1,79

a. Razón volumen superficie

hco	3,77	espesor del nucleo de la lamina al exterior (in)
γ(hci)	0,934	
γ(hco+hm)	0,724	
γ(hm)	1,106	

b. factor de fluencia lenta (Creep)

ϕci	1,643
ϕcom	1,296
ϕm	1,979
ϕ	1,293

c. factor de retracción

γ' (hci)	0,953
γ' (hco+hm)	0,677
γ' (hm)	1,064

para RH=70%, tenemos

s1	1,84E-04	sci	1,75E-04
s2	2,99E-04	scom	2,02E-04
		sm	3,18E-04
		s	1,73E-04

d. relajación del alambrón

R	0,0646

C.4.3. Presfuerzo inicial

f ic	1937	PSI
f iy	17111	PSI
f is	-159.559	PSI

C.4.4. Presfuerzo final

1	154993,9959	*f* cr	1436	PSI
2	8,11E+03	εcr	3,74E-04	
3	10265,31438	*f* yr	32.418	PSI
denominador	95,16634681	*f sr*	-133.872	PSI

C.4.5. Presion de descompresion

Po (psi) 231,47 Basado en As residual

SECCION C.5. MINIMA AREA DE PREESFUERZO AREA BASADA EN LA MÁXIMA PRESION

la mínima area de preesfuerz odebe cumplir las combinaciones de carga W1 y WT1.

Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Pw ≤ Po	W1	CUMPLE
Pw + Pt ≤ min (Pk' , 1.4 Po)	WT1	CUMPLE

Pk'	291,3	psi
min (Pk' , 1.4 Po)	291,3	psi

SECCION C.6. ESFUERZOS DEL PRETENSADO PARA EL AREA DE DISEÑO FINAL

Recalculando los estados de esfuerzos con una area As que cumpla todos los criterios de diseño se tiene:

f cr	1436	PSI	
εcr	3,74E-04	in/in	
f yr	32.418	PSI	
εyr	1,08E-03	in/in	
f sr	-133.872	PSI	
εsr	-4,78E-03	in/in	
Po	231,47	PSI	
No	114.855	lb / ft	
Pk'	291,3	psi	
Nk'	144.522	lb/ft	
Wp	1.905	lb/ft	peso del tubo

eje neutro para esfuerzo cortante

e_0	3,063	in

SECCION C.7. SERVICIO EN LA CIRCUNFERENCIA TOTAL DEL TUBO

Estado	Proposito	Criterio	Combinación de carga	Criterio satisfecho
Límite de Servicio en la circunferencia total del tubo	Prevenir decompresión del nucleo	Pw ≤ Po	W1	CUMPLE
	Prevenir fisuras en el recubrimiento	Pw + Pt ≤ min (Pk' , 1.4 Po)	WT1	CUMPLE