

Tres km de tubería de 2.600 mm en hormigón armado con camisa de chapa

Sifón del Canal principal Bajo de los Payuelos Fase II, León

Este artículo pretende mostrar a la tubería de hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada como una solución técnicamente idónea para cualquier actuación de tubería con presión y diámetros superiores a 1800 mm. Como ejemplo, se ha descrito la utilización de este tipo de tubo en unos sifones de DN2600 y presiones de unos 6 atm, en una de las obras que están ejecutándose en la actualidad para abastecer a una zona regable de gran importancia como es Payuelos en León.

La presente actuación desglosada en dos proyectos, permitirá completar la puesta en riego de la superficie correspondiente a la Zona Regable de *Payuelos* pendiente de transformación, una vez haya sido transformada la zona dominada por el *Canal Alto de Payuelos*. Asimismo, permitirá el transporte de los caudales necesarios para complementar los caudales demandados en las zonas regables de los ríos *Cea*, *Valderaduey* y *Carión* en la provincia de León.

La actuación correspondiente al *Canal Bajo de los Payuelos* se desarrolla en dos fases:

- *Fase I*: Tramo del canal que va desde la toma en el río Esla, en el azud de Sahechores, hasta el pk 23+243.
- *Fase II*: Tramo del canal entre el pk 23+243 y el punto final en el pk 53+470, donde desemboca en el Arroyo de *El Coso*, en las inmediaciones de Bercianos del Real Camino.

Se trata de un Canal a cielo abierto, con sección trapecial, pasando a sección rectangular en aquellos tramos con limitaciones de anchura. El caudal máximo que este Canal es capaz de transportar es de 36 m³/s, que permitirá el riego de una superficie de 14.601 ha, en la zona de *Payuelos*, y el transporte del agua necesaria para complementar las necesidades de riego, y otros usos, en los ríos *Cea* (5 m³/s), *Valderaduey* (5 m³/s) y *Carión* (15 m³/s).


En la actualidad se está regando en esta zona mediante sistemas de gravedad por pie, lo que implica el uso de grandes cantidades de agua de forma ineficiente y una importante contribución a la contaminación difusa resultado del lavado y migración de los productos fertilizantes y fitosanitarios. Este proyecto permitirá la transformación a riego por aspersión con mejores eficiencias en el uso del agua y en su control para evitar escorrentías y percolación profunda de los productos químicos usados en agricultura.

Descripción de la obra

La segunda fase comprende a 32,5 Km. que es el objeto de este artículo, la sección es trapecial y lleva varios falsos túneles y sifones, de los cuales dos de ellos son los que corresponden a esta actuación de tubería de hormigón armado con camisa de chapa. También comprende la obra de tres balsas de regulación, además del encauzamiento del Arroyo *El Coso*, al que desagua el canal.

La obra está incluida dentro del Plan Hidrológico Nacional y la empresa que lo ha promovido es *AcuaNorte* (antigua *Agua del Duero S.A.*), con un presupuesto total de 111 M€. La ejecución de la obra ha sido adjudicada mediante concurso público a la empresa *FCC Construcción S.A.*

Palabras clave: AGUA CANAL, CAMISA DE CHAPA, CONDUCCIÓN, CAUDAL, HORMIGÓN, JUNTA, SECCIÓN, SIFÓN, TUBERÍA, ZANJA.

 Juan Pablo GUERRERO PASQUAU, ICC y P. Dtr. Comercial de PREFABRICADOS DELTA, S.A.



■ Sifón de Castrotierra



■ Sifón de Vallecillo



■ Traza del área de actuación

Los sifones son de una capacidad de unos 25 m³/s, la conducción está constituida por una tubería de hormigón con camisa de chapa y junta soldada.

- Sifón (Castrotierra): 600 m de sifón con un desnivel de 36 m.c.a. del punto más bajo al punto más alto.
- Sifón (Vallecillo): 850 m de sifón con un desnivel de 32 m.c.a. del punto más bajo al punto más alto.

La conducción consiste en una tubería doble de hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada, de Ø2.600 mm. La presión de trabajo elegida es una MDP de 5 atm y tiene una longitud de 3 km, repartida en los dos si-



■ Almacenamiento en fábrica de las tuberías.

fonos con disposición de la tubería en zanja doble.

El comienzo del suministro se produjo en enero del 2011 y ha finalizado en septiembre del 2011, pero la instalación se ha realizado entre junio y septiembre aprovechando para la instalación los meses de verano. Durante estos 4 meses se han instalado los 3 km, obteniéndose unas medias de montaje de 800 ml/men-suales y 40 ml/día de tubería.

Generalidades del proyecto

El 2º Tramo del *Canal Bajo de Los Payuelos* parte del pk 23,243 en las inmediaciones de *Villamarco* y termina en el Arroyo de El Coso, al Este de *Bercianos del Real Camino*; después de describir una amplia herradura, cuyo punto más meridional coincide aproximadamente con la localidad de *Castrotierra*. Por tanto, todo él está ubicado en la provincia de León, términos municipales de *Santas Martas (Villamarco)*, *Villamoratiel de las Matas*, *Santa Cristina de Valmadrigal*, *Castrotierra*, *Valverde-Enrique* (Castrovega de Valmadrigal), *Vallecillo*, *Gordaliza del Pino*, *Bercianos del Real Camino*, *Calzada del Coto* y *Sahagún de Campos*.

Los caudales máximo y mínimo adoptados en este 2º tramo del canal son 36 y 25,5 m³/s.

A esta superficie de riego directo es preciso añadir las vegas de los ríos *Cea* (5.000 ha) y *Valderaduey* (5.000 ha), así como el eventual trasvase al *Carrión* (15.000 ha) previsto en la 1ª fase, mientras se pone en riego la totalidad de la zona.



■ Trazado en planta del Canal.

- Trazado en planta.

El 2º Tramo del *Canal Bajo de Los Payuelos* tiene su origen en el pk 23,243 en las inmediaciones de *Villamarco*. La cota de solera en dicho punto es la 847,713 m.s.n.m. y su capacidad 36 m³/s. A partir de este punto el canal discurre en un kilómetro escaso paralelo a la vía del FF.CC León-Palencia hasta el pk 23+834 donde la cruza. Desde dicho punto la traza del canal describe una amplia curva con dirección SE-SW a fin de salvar *Villamarco*, por su lado nor-oriental, mediante un falso túnel de 1.728 m de longitud.

Desde el borde meridional de esta localidad la traza del canal discurre en dirección Sur, paralela al valle del Arroyo *Valdelaviñas* hasta el paraje denominado *Valdemanuel*, donde retoma la dirección SE a fin de bordear *Villamoratiel de Las Matas* por su vertiente septentrional. El cruce de los Arroyos de *Utielga* y *Valdegorrón* que limitan aquella localidad se realiza mediante los sifones 2 y 3, de 417 y 265 m de longitud respectivamente.

Previamente, en el pk 28,284 comienza un pequeño sifón de 110 m de longitud, constituido por dos tuberías de 3,00 m de diámetro, para salvar el cruce con la autovía de León a Burgos, de reciente construcción.

Poco después de cruzar la carretera entre *Villamoratiel* y *El Burgo Ranero*, la traza del canal retoma sensiblemente la dirección NS. Así se mantiene hasta el Arroyo de *Valdecasilla* que se salva con el sifón de 600 m de longitud, pk 39+661, en el que inicia una gran curva con su concavidad dirigida al norte, a fin de salvar por el Sur a *Castrotierra* y tomar una dirección NE que ya no abandonará hasta finalizar en el Arroyo del Coso, en el pk 53 + 521,47.

Como punto más significativo de este tramo se puede citar el otro sifón, de 850 m de longitud que salva el Arroyo de *Abajo*, situado a continuación de una alineación recta de más de cuatro kilómetros, donde van situados dos falsos túneles de 502 y 806 m de longitud.

Desde su origen en el azud de *Sahechores* hasta su final en el Arroyo de *El Coso* junto a *Bercianos del Real Camino*, el *Canal Bajo de Los Payuelos* tiene una longitud de 53,521 km con un desnivel total de 23,58 m que se reducen a 30,278 km y 12,321 m, respectivamente, para el 2º tramo del mencionado canal.

La solución de sifón se ha adoptado en aquellas vaguadas que exigían un terraplén superior a los 10 m de altura. Asimismo se ha elegido la solución en sifón sobre la solución en acueducto ya que estos eran al menos un 25% superiores en costo. Por

otro lado, con la solución adoptada en el cruce de la finca de *La Mata* se produce un impacto semejante pero de menor duración que con la solución en acueducto.

Todos los sifones disponen de ranura de ataguías en las transiciones de entrada y salida con el fin de aislar una de las dos tuberías. Asimismo, disponen de desagües de fondo en su punto más bajo, dotados de acceso de hombre, que permitirá vaciar cualquiera de las dos tuberías primero por gravedad y su último tramo por achique en un plazo inferior a 2 días.

Solución adoptada

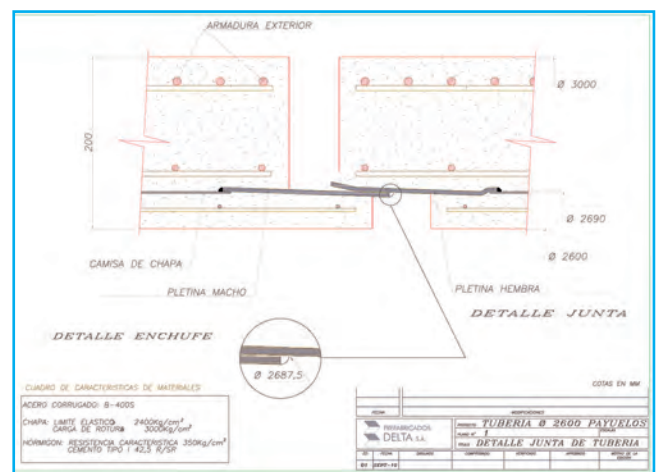
La conducción utilizada en los sifones esta constituida por dos tuberías de hormigón armado con camisa de chapa de 2,60 m de diámetro. La tubería de hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada de DN2600 consta de una longitud de 5,5 m, esta formado por una pared de hormigón que contiene una camisa cilíndrica de chapa que le confiere



■ Disposición de las dos tuberías utilizadas para la conducción

estanqueidad, siendo parte de la armadura resistente, situada lo más próxima al paramento interior, y una armadura transversal de acero corrugado dispuesta en dos capas, rigidizada mediante soldadura con otra longitudinal.

Esta tubería cumple con la normativa UNE-



■ Esquema de la conexión de las tuberías.

639, UNE-641, UNE-642, así como la Instrucción del *Instituto Eduardo Torroja* para tubos de hormigón armado o pretensado (Edición-2007).

En lo referente a las piezas especiales como *tes* y *codos* se ejecutaron en chapa de acero según norma AWWA con protección interior de pintura epoxi alimentaria y exteriormente pasivadas con hormigón.



■ **Piezas especiales en chapa de acero.**

Condiciones de dimensionamiento:

- Alojamiento del tubo: Terraplén.
- Tipo de apoyo: hormigón a 120°.
- Altura de tierras sobre la generatriz superior: entre 1 y 3 m.
- Sobrecarga de tráfico: Eje tipo de 13 t.
- Tabla de presiones: DP (diseño): 5 atm, MDP (máxima de diseño): 5 atm, STP (prueba): 6 atm.

Fabricación de tuberías de hormigón armado

En este tipo de tubería, el proceso de fabricación consta de las siguientes fases.

- 1.- Fabricación de camisas.
- 2.- Formación y expansionado de boquillas.
- 3.- Elaboración de la jaula de armadura.
- 4.- Hormigonado del tubo por colado vertical.
- 5.- Curado del tubo.

Fabricación de camisas

Las *camisas* están constituidas por un cilindro de chapa, soldado helicoidalmente a solapo, en máquina automática, a partir de bobinas de chapa, de an-

cho igual o superior a 1 m, al que se suelda en sus extremos las correspondientes *boquillas* macho-hembra, garantizando sus tolerancias dimensionales.

La máquina empleada para la construcción de los cilindros consta esencialmente de los siguientes elementos:

- a) *Bancada de laminación*, donde van instalados un portabobina para abastecimiento de la chapa y una serie de rodillos para aplanado y arrastre de la chapa, así como un tren de rodillos laminadores de los bordes de la chapa para conformar la unión de la junta helicoidal de la camisa. Esta bancada es giratoria con respecto al conformador de la camisa para producir el ángulo de inclinación de la hélice.
- b) *Útil conformador de diámetro*. Es un núcleo cilíndrico donde la banda de chapa, deslizándose por su interior, se enrolla al diámetro requerido, helicoidalmente, solapándose los bordes de chapa, que ya van conformados en pestaña, haciendo la junta helicoidal.
- c) *Pistola de soldadura automática* para realizar la soldadura continua por la parte exterior del cilindro de chapa siguiendo la unión helicoidal de la chapa.
- e) *Antorcha de corte transversal*.

Una vez formados los cilindros, se depositan sobre viradores y se acoplan en sus extremos, abrazando su parte exterior, las boquillas previamente probadas (soldadura transversal con líquidos penetrantes) y efectuada la inspección dimensional obligatoria.

Efectuada la soldadura transversal de unión de los cabezales, cada camisa será sometida a una prueba hidráulica de presión interior en prensa horizontal.

Formación y expansionado de boquillas

Según las necesidades de las obras, las camisas, pueden llevar en sus extremos boquillas formadas por:

- a) Perfil laminado para junta de goma.
- b) Pletina para junta soldada.



■ **Fabricación de tuberías con camisa de chapa.**

Las pletinas con las medidas adecuadas para la formación de las boquillas, se curvan y se sueldan sus extremos. A continuación se procede al expansionado de las mismas mediante una prensa hidráulica preparada al efecto, con lo que se consigue un perfecto control dimensional.

En el caso de que los cabezales sean de junta elástica, el material que los compone es previamente granallado, para una vez conformado geométricamente, recibir una pintura de imprimación y posteriormente, una vez incorporado al tubo, un tratamiento a base de 200 micras de resina epoxy, lo que garantiza su durabilidad ante cualquier agente agresivo.

Elaboración de la jaula de armadura

El acero empleado en los elementos accesorios (generatrices y separadores) es liso, mientras que las espiras de armadura se fabrican con acero corrugado.

Para realizar las generatrices, se coloca una bobina de acero liso del diámetro fijado en la devanadora. El acero pasa por unos rodillos enderezadores hasta llegar a un tope que acciona el corte automático.

Los separadores se conforman mediante una prensa hidráulica. La función de éstos elementos es mantener el centraje de la armadura dentro del molde.

Para realizar las jaulas de armadura, se sitúa en la devanadora de la máquina de fabricación de armaduras una bobina de acero corrugado del diámetro fijado. Una vez situadas las generatrices en los alojamientos de los platos de la máquina, éstos comienzan a girar, desplazándose uno de ellos en dirección longitudinal según avanza la espira, mientras que el otro permanece en un plano vertical fijo. Según van girando los platos se va arrollando acero corrugado sobre las generatrices, produciéndose un punto de soldadura en cada cruce de espira con generatriz.

Una vez completada la hélice a la longitud de las generatrices, se liberan éstas, se saca la jaula de la máquina y se colocan los separadores. Finalmente, se coloca a la jaula una etiqueta identificativa con los siguientes datos: número de identificación de la armadura, número de espiras por metro, diámetro del redondo que forma la espira y diámetro nominal del tubo.

Hormigonado del tubo por colado vertical

En primer lugar se colocan en la base de hormigonado la arandela base, el prenúcleo con la camisa de chapa, la jaula o jaulas de armaduras, el molde exterior con sus vibradores adosados, el cono de centraje y la batea para llenado, cuidando especialmente el cen-

traje de todos los elementos. En el caso de que el núcleo no se realice previamente mediante compresión radial, se emplea para el hormigonado del mismo un molde interior, en cuyo caso el proceso es el siguiente:

- 1°.- Colocación del molde interior sobre el centrador inferior.
- 2°.- Colocación de la camisa de chapa sobre el centrador inferior.
- 3°.- Colocación de la armadura exterior.
- 4°.- Colocación del molde exterior.
- 5°.- Colocación del centrador superior.
- 6°.- Colocación de la batea de llenado.

La apertura y cierre de los moldes se realiza mediante un sistema hidráulico que permite asegurar la completa estanqueidad de los mismos, evitándose así la pérdida de lechada durante la operación de hormigonado.

Seguidamente se procede al vertido del hormigón hasta completar el llenado total del molde. Durante el hormigonado, se realiza el vibrado mediante vibradores situados en el molde, que aseguran la ausencia de poros y la correcta distribución del hormigón.

Como novedad en esta tubería se utilizaron *hormigones autocompactos* que mejoraban los tiempos de hormigonado y hacen sufrir menos a los moldes al evitar el vibrado.

El tubo permanecerá en el molde hasta haber alcanzado una resistencia mínima fijada. El curado será natural o acelerado. En este último caso, al terminar el hormigonado del tubo, se mantiene éste a temperatura ambiente durante unas 1,5 h. Pasado este tiempo, el tubo en su molde se somete a la acción del vapor de agua saturado y a temperaturas progresivamente ascendentes, con un gradiente térmico adecuado, hasta alcanzar una temperatura máxima determinada. Idéntico gradiente térmico se mantiene durante el enfriamiento.

Una vez alcanzada la resistencia mínima se procede al desmoldeo y evacuación del tubo a la zona de curado y acopio.

Curado del tubo

El tubo, manipulado en vertical mediante colares adecuados al diámetro se apoya en di-

cha posición, bien directamente sobre el suelo o sobre bancada de tabloncillos convenientemente nivelados. A continuación se coloca en la parte superior del tubo un dispositivo de riego para mantener húmedas las superficies del tubo hasta su expedición a obra.

Instalación y ejecución

- Excavación y preparación de la zanja.

Una vez realizado el replanteo de la traza señalando los puntos singulares de la misma, se procedió a la excavación de la zanja, en primer lugar a hacer el desbroce de la tierra vegetal teniendo en cuenta el ancho de la zanja y además del acondicionamiento del camino auxiliar para el montaje de la tubería.

En segundo lugar se procedió a realizar la excavación de la zanja de alojamiento, el terreno que se encontró fue un material adecuado para esta actuación. La zanja de esta obra debía garantizar una adecuada solera para el suministro y rasanteo de la cama de apoyo hormigón. Las dimensiones de la zanja con una altura de relleno de tierras de 1 a 3 m. sobre la clave del tubo y un ancho de zanja de aproximadamente 9 m. con los taludes $H=2:V=3$; $H=1:V=1$.



■ Excavación y preparación de la zanja.

Es importante hacer hincapié en la seguridad de las excavaciones que se realizaron, ya que no se produjo durante toda la obra ningún desprendimiento que ocasionará daños materiales o físicos.

- Montaje de la tubería

El montaje de la tubería se hizo realizando un acopio intermedio a lo largo de la traza o siempre que se pudo directamente desde el ca-

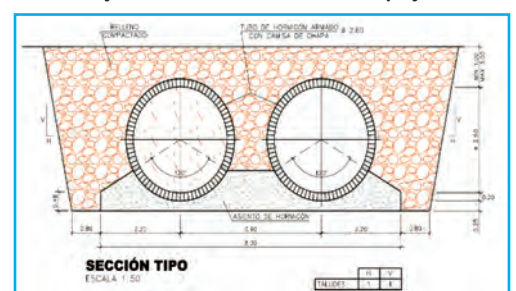
mión trailer que transportaba los tubos a la zanja con el consiguiente equipo de montaje: un oficial montador, dos peones y una grúa de 250 t que permitiera montar 3-4 tubos en una posición.

Una vez terminada la zanja, se procede al extendido del hormigón de presolera cuidando su rasanteo de acuerdo con las pendientes del longitudinal de proyecto. Esta solera se deberá mantener sin cargar por lo menos 24 horas.

Se colocarán los *Apoyos* (dados de hormigón o madera a ambos extremos del tubo), procediéndose al montaje de los tubos, se dejará por lo menos 12 cm, de la generatriz inferior del mismo a la solera de hormigón, para garantizar que la cama embebe toda la sección y por tanto el apoyo es continuo. Una vez comprobado que debajo de los tubos hay espacio suficiente para el *pase* del hormigón, se verterá la cama de hormigón de consistencia muy plástica, procurando asegurarse de que el mismo *pasa* por debajo del tubo, completándose la misma hasta los 120° considerados como apoyo.



■ Montaje de la tubería sobre los apoyos.



■ Apoyo de hormigón a 120° con relleno de zanja.



■ Vista del área en fábrica del acopio y curado de tuberías.



■ Montaje directo de la tubería desde el camión.

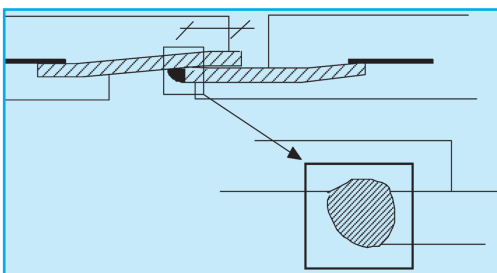


Preparación de las tuberías en la zanja antes de su posterior relleno.

El relleno posterior de la zanja se realizará en tongadas con terreno seleccionado, realizándose la compactación del mismo con medios adecuados y sin vibración completándose hasta 60 cm por encima de la generatriz superior del tubo. Se completará el relleno previsto sobre el anterior con terreno adecuado con un tamaño máximo de 30 mm, y **nunca con vibración** hasta que el relleno alcance 2 m, sobre la generatriz superior del tubo.

Se comprobarán que las boquillas del enchufe macho y hembra, no hayan sufrido deformación o golpes durante la manipulación en fábrica, transporte a obra o descarga en la misma, haciendo una verificación ocular de los mismos; seguidamente se limpiarán las boquillas, en toda su superficie, de cualquier resto de hormigón, desencofrante o grasa que pudiera estar adherida.

Se suspende el tubo en las eslingas o elementos previstos para el montaje y se procede a su bajada a la zanja o lugar establecido, se aproxima a los tubos existentes haciendo coincidir sus ejes. Con un movimiento suave de aproximación se hacen encajar las boquillas, hasta la profundidad adecuada para poder soldar cómodamente. El solape mínimo será de 5 cm. y el máximo será el que permita acceder con el electrodo o la pistola de soldadura a la unión a soldar (detalles), dejando el tubo en el asiento en posición. La soldadura debe ser realizada por un soldador homologado. Una norma de buena ejecución es la que: *El cordón de*



Esquema del solape de los tubos.

la soldadura deberá tener su garganta de tal forma que el solape de las boquillas quede cubierto por él.

Métodos de soldadura:

Soldadura Semiautomática

- Electrodo recomendado: Continúo en atmósferas de gas inerte

Soldadura normal

- Electrodo recomendado: Revestimiento Básico o Celulósico.

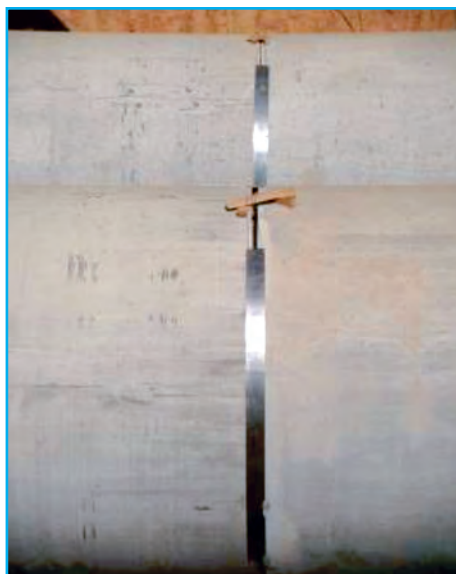
Durante la ejecución de la soldadura en obra, es necesario dejar juntas de dilatación, para ello se dejará sin soldar una de cada cuatro juntas. En cualquier caso no se mantendrán conducciones



Vista desde el interior del solape de las tuberías.

soldadas sin cubrir debido al efecto negativo de las dilataciones.

En fuertes pendientes como son en este caso estos sifones, la soldadura de los tramos deberá realizarse en sentido de la contra pendiente. La comprobación a estanqueidad de las soldaduras se realizó por medio de líquidos penetrantes, sistema aprobado por la Dirección de obra.



Comprobación de la soldadura.

Finalmente se procedió a recubrir la zona de soldadura con mortero para proteger las juntas tanto interiormente como exteriormente.

Control de calidad

Para este tipo de fabricaciones y montajes se pueden distinguir cuatro fases de control:

• Control de materiales

1. *Cementos:* se cumplirá lo establecido en la Instrucción RC-08.

2. *Control del agua de amasado y curado:* se cumplirán las condiciones exigidas en la Instrucción EHE.

3. *Control de los áridos:* Los áridos deben disponer de marcado CE y cumplir las especificaciones contempladas en la Instrucción EHE.

4. *Control de acero armaduras:* se cumplirá lo especificado en la Instrucción EHE.

5. *Control de acero chapa y pletinas:* En la recepción se comprueba la geometría documentación del material. Se controlan cada 50 tn el espesor y características: límite elástico, resistencia a tracción, alargamiento a rotura, composición química y doblado simple 180°.

6. *Control de aditivo:* (si se utiliza) cumplirá lo especificado en la Instrucción EHE.

7. *Control del electrodo:* debe disponer de marcado CE.

• Control del proceso de fabricación

1. *Control de camisa de chapa:* para cada camisa y boquilla se registra el tipo, calidad, número de colada del acero e identificación de las mismas. Se comprueba espesor 20%, desarrollo exterior y longitud total en el 1%. Todas las camisas al 100% se someten a una prueba de presión interior para comprobar su estanqueidad, la tensión en la chapa es igual al valor máximo supuesto en el cálculo.

2. *Control de jaulas de armadura:* para cada jaula se verifica y registra el tipo y calidad del acero, número de colada, diámetro del redondo y se procede a su identificación. Se comprueba diámetro y longitud, nº espiras por mt, número generatrices longitudinales, puntos soldaduras y separadores en el 10%.

3. *Control de moldes y colocación de armadura:* antes de proceder al encofrado se comprueban las superficies de los moldes, que se encuentren limpias y lisas, y las dimensiones de los moldes y de las coronas centradoras. Se cuida especialmente el centrado de la camisa mediante la colocación de separadores y la correcta disposición de los moldes, tanto en la fase previa al hormigonado como durante el vertido y compactación del hormigón.

4. *Control de ejecución del hormigón:* los hormigones se confeccionan en amasadoras de eje vertical. La dosificación de los componentes se realiza mediante proceso automatizado, verificando las básculas mensualmente.

Conducción

Diariamente se comprueba la consistencia y resistencia a compresión del hormigón. Se realizan los siguientes ensayos en probetas cilíndricas de 15x30 cm: diariamente se ensayan 3 probetas a la edad de 7 días y 3 probetas a la edad de 28 días. Con los resultados obtenidos del ensayo de probetas a 28 días, se determina la resistencia característica de cada tipo de hormigón.

• Control de producto acabado

Con cada tubo terminado se inspecciona visualmente y se repara cualquier pequeño defecto que pudiera aparecer, se verifica su identificación y se realiza un control geométrico del mismo:

- Se comprueba para el 100% de la producción la ovalización de la boquilla macho.
- Se comprueba para junta soldada la ovalización en tres tubos por día y serie.
- Se verifica el espesor y diámetro interior, en tres tubos por día y serie.

Como control adicional se realiza de cada lote de 250 tubos, un ensayo de presión interior a tubo terminado según la Instrucción *Eduardo Torroja*.

• Control en obra

1. Control del aspecto visual del 100% de la tubería.
2. Control topográfico del fondo de la zanja, solera. Estará perfectamente estaquillado y rasanteado.
3. Control de trazabilidad del 100% de la tubería instalada apuntando su número y punto kilométrico en el que va instalado.
4. Control del 100% de las soldaduras vi-



■ Control de producto acabado.

sual y líquidos penetrantes para comprobar la estanqueidad.

5. Control del relleno y tapado de la tubería: se efectuaran los ensayos necesarios para que las condiciones del tubo sean los marcados en su cálculo.

6. Puesta en carga de la tubería.

Conclusión

Mostrar a la tubería de hormigón armado con camisa de chapa y junta soldada como una solución técnicamente idónea para cualquier actuación de tubería con presión y diámetros superiores a 1800 mm. Como ejemplo, se ha descrito la utilización de este tipo de tubo en unos sifones de DN2600 y presiones de unos 6 atm, en una de las obras que están ejecutándose en la actualidad para abastecer a una zona regable de gran importancia como es *Payuelos* en León.



[Fig. 29].- Ejecución de la excavación en la zona de máxima cobertura.

Para este tipo de actuación es muy importante la elección del material a instalar porque se necesitan las siguientes características, que en este caso se confirman:

- Durabilidad.
- Resistencia a las cargas exteriores e interiores.
- Funcionalidad.
- Solución competitiva.



ANEXO

En la página siguiente se muestran los planos correspondientes a los sifones DN 2600 N° 2 (Vallecillo) y N° 3 (Castrotierra)



PREFABRICADOS DELTA, S.A.

Retama, 7 • 28045 Madrid

☎: 915 300 047 • Fax: 915 300 187

E-mail: delta@prefabricadosdelta.com

Web: www.prefabricadosdelta.com

