

IX Caso Práctico. Sistema de Riego por Pivote Central para la Huerta La Trinidad en Huamantla Tlaxcala

En este trabajo se propone tecnificar los terrenos de cultivo de la Huerta la Trinidad con la aplicación de riego mediante un sistema de pivote central a fin de lograr el uso eficiente del agua, lograr reducir los costos de mano de obra, combustible, mantenimiento y operación en horas riego / día; además de lograr un incremento en la producción / hectárea. Lo anterior se puede lograr debido a que un sistema de riego de pivote central requiere menos energía para su operación, así mismo un menor número de operarios con respecto a otros sistemas. El riego con el pivote central puede ser controlado, oportuno, uniforme y abastecer las máximas demandas evapotranspirativas del cultivo, lo que permite un incremento en la productividad

Al combinar el incremento de la productividad con la aplicación de riego a un menor costo, se obtienen bajos costos de producción, mayores utilidades e índices financieros como: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno, una mayor relación Beneficio Costo y un menor período de recuperación de la inversión al establecer el sistema de riego de pivote central.

Ubicación geográfica del área de riego.

La Huerta de la Trinidad está situada en el Municipio de Huamantla en el Estado de Tlaxcala. Tiene 9 habitantes. Esta situada a 40 kilómetros aproximadamente de la capital del Estado, a 170 kms. de la Ciudad de México, a 74 km. de Puebla y de 271 Km. del puerto de Veracruz.

Se ubica en un valle de la ladera noreste del volcán Matlalcuéye o La Malintzi, que forma parte del eje Volcánico transversal.

El municipio de Huamantla se sitúa en un eje de coordenadas geográficas entre los 19 grados 18 minutos 41 segundos latitud norte y 97 grados 55 minutos 24 segundos longitud oeste.

Características geométricas y topográficas del terreno.

El predio tiene una superficie de 84 ha y el levantamiento topográfico para la elaboración del proyecto se llevo a cabo con personal y equipo requerido para realizar dicho levantamiento topográfico y de catastro con equipos de medición, como son: la estación total y distanciómetros.

Para el control horizontal se obtuvo una poligonal de la superficie del terreno de acuerdo con las siguientes tolerancias:

Tolerancia lineal fue de 1:20,000

Tolerancia angular $T = 2 n$

Donde n el número de vértices y T en segundos.

Para vértices que definen los limites de las parcelas y utilizados para configuración La tolerancia lineal fue de 1:10,000.

El punto de partida fue un lado de la poligonal a trazar orientado a partir del norte magnético.

Todos los vértices de la poligonal fueron identificados en todos los casos con trompos y una estaca marcada con pintura roja.

El control vertical se llevo a cabo simultáneamente con el control horizontal, ya que la estación total permite las mediciones de ángulos cenitales y se generen las coordenadas en (x, y, z), siendo z la elevación del punto correspondiente. Se ubicaron los bancos fijos de nivel en lugares que garanticen la permanencia (árboles, rocas etc.) y se registró en la bitácora el número correspondiente con sus respectivas coordenadas y elevación. Estos bancos sirvieron como puntos de partida o de cierre en las nivelaciones. También se procedió a levantar las cotas del brocal y la cota del tubo de la descarga del pozo y a levantar las cotas de los niveles máximos y mínimos del agua y las cotas de la obra de toma a la salida.

Se realizó un levantamiento topográfico de la zona de proyecto para determinar la planimetría de la zona de riego y el perfil altimétrico de las líneas de conducción y distribución. Con esta información se realizó el trazo de la red de distribución, la localización del punto pivote y de la fuente de abastecimiento. El levantamiento topográfico se complemento con la siguiente información: sitios de cruce canales, puentes de paso, cruces, líneas de transmisión, vías de comunicación, etcétera.

El levantamiento catastral incluye linderos de las propiedades.

El plano topografico y del sistema de riego del terreno de La Huerta La Trinidad se presenta en el Apéndice A.

Clima

El clima se considera moderadamente frío, con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, agosto y septiembre. Los meses más calurosos son marzo, abril y mayo.

Temperatura

La temperatura promedio mínima anual registrada es de 5.4 grados centígrados y la máxima es de 23.2 grados centígrados.

Precipitación pluvial

La precipitación media anual durante el periodo 1961-1996 en el municipio, es de 640.7 milímetros. La precipitación pluvial ocurre generalmente desde los meses de mayo a octubre, y en promedio la mínima registrada es de 6.3 milímetros y la máxima de 119.2 milímetros.

Suelo

Corresponden a los cambisoles aquellos suelos de sedimentos piroclásticos translocados, con frecuencia y horizontes duripan ó tepetate y suelos fluvisoles, comprenden sedimentos aluviales poco desarrollados y profundos.

De acuerdo con la clasificación textural, los suelos de la zona de riego poseen buena capacidad de retención: 189 mm/m. La capacidad de campo CC volumétrica del suelo seco es de 0.27 cm³/cm³, la capacidad mínima PMP es de 0.13 cm³/cm³ y la densidad aparente es de 1.35 gr/cm³. La infiltración básica estimada es de 8 milímetros por hora.

Superficie de riego y cultivos

En la Huerta la Trinidad el principal cultivo es la papa en 40 hectáreas antes de tecnificar el riego y el resto de la superficie con cultivo de temporal, que es aproximadamente el 50% de la totalidad de su extensión, debido a que el agua no era suficiente utilizando el sistema existente de riego con bombeo y gravedad.

Los requerimientos de grandes caudales para el área irrigada por gravedad se ha disminuido en los últimos 5 años, debido a la disminución de caudales de las fuentes de agua superficial por lo que se propuso la utilización de sistemas de riego más eficientes en el uso del agua, con menores costos de operación y mano de obra y menor requerimiento de energía. En función de lo anterior, se ha implementado un sistema de pivote central, el cual permite una gran ventaja técnica y económica en relación con el sistema tradicional de gravedad

Fuente de abastecimiento

El área considerada en el proyecto se abastece de un pozo profundo y de un tanque de almacenamiento.

El gasto disponible en el periodo de secas varía de 34 a 40 l/s. El equipo de bombeo para extraer el agua del tanque de almacenamiento, fue rehabilitado y posee una eficiencia electromecánica de 54.7% y para el pozo profundo se propuso una bomba sumergible.

El análisis de salinidad del agua y del suelo se basó en el análisis de muestras de agua del pozo y en muestras de suelo. La calidad del agua tiene una clasificación, según el USDA (Departamento de Agricultura de los E.U.A.) C2Si que puede considerarse regular en sales y baja en sodio. La conductividad eléctrica CE del agua medida en la descarga es de 0.335 dS/m, que corresponde a un total de sales disueltas de 214 ppm, La relación de adsorción de sodio RAS de la muestra de agua es de 1.35 y no se constata una presencia de carbonatos CO₃. Sin embargo, la presencia en la muestra de agua de 4.19 meq/l de bicarbonatos puede inducir su precipitación si el pH rebasa 7.5, dado que el pH es prácticamente neutro este problema no es significativo.

La información obtenida de la evaluación electromecánica es como sigue:

- Profundidad nivel estático (m) 29
- Profundidad nivel dinámico (m) 60
- Diámetro tubería descarga (pulgadas) 8
- Área del tubo a la descarga (m²) 0.03
- Gasto (l/s) 44.0
- Eficiencia electromecánica (%) 54,7
- Promedio (amp) 77.3
- Medido (volt) 415
- Factor de potencia (medido) 0.867
- Potencia consumida (multímetro) (HP) 64.6

- Potencia aprovechada de bomba (HP) 35.1

Los requerimientos de riego para el cultivo de papa, se calcularon con base en los valores de referencia de los coeficientes de cultivo publicados por la FAO y de la evapotranspiración de referencia calculada con el método de Penman-Monteith, basado en datos mensuales promedio de temperatura, precipitación, velocidad del viento y horas de radiación solar.

Se realizó el trazo de la red a partir de la localización de la fuente de abastecimiento y del plano topográfico para cubrir la demanda de riego.

Para la línea de conducción se determinaron las cotas topográficas inicial y final, la capacidad de conducción, la longitud y la carga mínima de operación requerida. La capacidad de cada tramo se determinó en función del área dominada por cada tramo y de la descarga demandada.

El sistema de riego propuesto la mayor parte del área del terreno cultivado, es para regar una superficie de aproximadamente 65 ha, con un sistema de dos equipos de pivote central:

1. Pivote central fijo que riega un círculo de 210 m. La estructura del lateral se compone de tres tramos de 63.1 m y un volado de 20.1 m., con un cañón final eléctrico modelo SR 100 NVC con una bomba reforzadora de 130 gpm
2. Pivote central remolcable que riega un círculo de 285 m. La estructura del lateral se compone de cinco tramos de 54.4 m y un volado de 13.4 m., con un cañón final eléctrico modelo SR 100 NVC

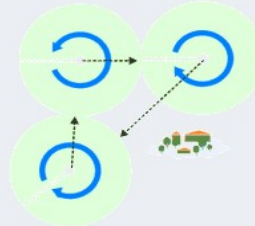


con una bomba reforzadora de 130 gpm

Fig. 61. Vista aérea del sistema de riego con los dos pivotes



Fig. 62. Pivote central remolcable



- Desplazamiento rápido de un área de cultivo a otra.
- Dispositivos de acoplamiento al tractor simples y de fácil manipulación.
- Capacidad de irrigación de hasta 100 ha.
- Accionamiento por generador o red eléctrica.
- Torre central con cuatro ruedas o sistema de base deslizante.
- Versátil y económico, el sistema remolcable hizo que la irrigación mecanizada sea accesible a más agricultores.
- Fácilmente adaptable a diferentes tamaños de áreas de cultivo.



Para contar con un sistema eficiente de riego se consideraron cuidadosamente las relaciones Agua-planta y Agua-suelo. El diseño de los pivotes se realizo en función de la lámina de aplicación de riego y del caudal disponible, y se así se determinaron las longitudes de los equipos, el número de tramos y la longitud de cada uno.

Fig. 63. Formulas de cálculo para las condiciones de operación de los pivotes

Indicador	Pivote Central
Area de cobertura (Ha)	$\frac{(\text{Longitud del sistema m})^2 \times \pi}{10,000}$
Tiempo de operación por vuelta o día en horas (Top)	Es el tiempo que da una vuelta en función de la velocidad de desplazamiento a la que se programe.
Lámina bruta de riego (mm/riego)	$\frac{Q(\text{m}^3/\text{hora}) \times \text{Top}/\text{vuelta}(\text{hr}) \times 1000 \text{ mm/m}}{\text{Area del sistema (ha)} \times 10000 \text{ m}^2/\text{ha}}$
Eficiencia del sistema (%)	Evaluación de campo
Lamina neta de riego (mm/riego)	$\frac{\text{Lámina bruta de riego} \times \text{Ef} (\%)}{100}$
Lámina bruta de riego (mm/día)	$\frac{\text{Lamina bruta de riego (mm/riego)}}{\text{F.R. (días)}}$
Lámina neta de riego (mm/día)	$\frac{\text{Lamina neta de riego (mm/riego)}}{\text{F.R. (días)}}$
Frecuencia de riego F.R. (días)	$\frac{\text{Top}/\text{vuelta (hr)}}{24 \text{ hr/día}}$
Días de operación al año – DOA-	
Numero de riegos al año -N.R.-	
Area regada por día	$\frac{\text{Area de cobertura del sistema (ha)}}{\text{F.R.}}$
Rendimiento del equipo (ha/hr)	$\frac{\text{Area de cobertura del sistema (ha)}}{\text{Top}/\text{vuelta (hr)}}$
Rendimiento del equipo (hr/ha)	$\frac{\text{Top}/\text{vuelta (hr)}}{\text{Area de cobertura del sistema (ha)}}$

Para el cálculo del caudal requerido para el sistema de riego de pivote central se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = E_{tm} * \pi * R^2 / (864 * E_a)$$

De donde:

Q = Caudal a utilizar por el sistema de riego de pivote central (l/s)

E_{tm} = Evapotranspiración máxima diaria del cultivo (mm/día)

Para los dos pivotes se construyeron las losas de concreto reforzado con base en las especificaciones del fabricante

Aspersores de los sistemas de pivote central

Los aspersores o emisores del pivote, se eligieron en función de la lámina de aplicación, tipo de suelo (velocidad de infiltración) y condiciones de viento, para el presente caso, se realizó un diseño del tipo, caudales y diámetros de boquillas para cada uno de los aspersores del pivote, para lo cual se utilizó un programa de diseño propiedad del fabricante de los pivotes centrales. Los aspersores son D3000 con reguladores de presión.

Línea de conducción y distribución.

El agua que se conduce de la fuente de abastecimiento al punto pivote es con tubería de PVC de 8", clase 1. Se calcularon las Pérdidas de carga en la tubería de conducción y distribución en los pivotes y las pérdidas de carga en la tubería principal, utilizando el procedimiento descrito en capítulos anteriores.

Diseño de la unidad de bombeo

La unidad de bombeo que alimenta a los pivotes, se diseño para extraer 69 litros por segundo y hacer llegar el agua hasta el punto pivote de cada equipo con la carga hidráulica suficiente para vencer las pérdidas de carga ocasionadas en la tubería de conducción de agua del pivote, por último llegar hasta la el último aspersor con una presión de 14 metros de columna de agua, equivalente a 20 PSI.

Para el diseño de la unidad de bombeo, inicialmente se determina la carga dinámica total con la ecuación siguiente:

$$CDT (m) = P_o + HF (principal) + H_m (lateral) + H_m (principal) + H_{pp} + C_e$$

De donde

P_o = presión de operación de los aspersores (m)

$HF (lateral)$ = pérdida de carga en tubería de distribución del pivote central (m)

$HF (principal)$ = pérdidas de carga en la tubería de conducción hacia el punto pivote (m)

$H_m (lateral)$ = pérdida de carga menores en tubería lateral (m). 10% de $HF (lateral)$

$H_m (principal)$ = pérdida de carga menores en tubería principal (m). 10% de $HF (principal)$

H_{pp} = altura del punto pivote (3.75 m)

C_e = carga estática, diferencia de altura entre el nivel del agua en la fuente y el nivel del terreno en la base del punto pivote.

$$CDT (m) = 14 + 9.8 + 10 + 0.98 + 3.75 + 3.9 = 43.4 (m)$$

Para el cálculo de la potencia requerida para operar la bomba se utiliza la siguiente ecuación:

$$HP = Q * CDT / (76 * E_b)$$

$$HP = 69.4 * 43.4 / (76 * 0.81) = 49$$

Si se considera que un motor diesel puede tener una pérdida del 20% en la transferencia de energía, se requiere ajustar el requerimiento de la siguiente manera:

$$HP \text{ del motor} = 49 / 0.8 = 61 \text{ Hp}$$

Con base en los cálculos se propuso un equipo de bombeo con las siguientes características:

Características de la bomba:

Marca: Berkeley

Lugar de fabricación: Estados Unidos

Modelo: B6JRMBM (ver curva de desempeño en la del apéndice)

Tipo de bomba: Centrífuga

Diámetro del impulsor: 316 milímetros, equivalente a 12.438 pulgadas

Caudal: 1,100 galones por minuto, equivalente a 69 litros por segundo

Carga dinámica total: 45.7 metros de columna de agua, equivalente a 65 PSI.

Revoluciones por minuto: 1,800

Eficiencia de operación: 81%

Características del motor:

Marca: John Deere

Lugar de fabricación: Estados Unidos

Modelo: 4045 DF 150 (ver curva de desempeño en la Fig. D1 del apéndice D)

Tipo de combustible: Diesel

Potencia: 62 caballos de fuerza (Hp)

Revoluciones por minuto: 1,800

El inicio del programa de riego se efectúa por medio de la determinación del contenido de humedad gravimétrica en el suelo, para lo cual se realizó un muestreo aleatorio del suelo a una profundidad de 60 centímetros, la programación del suelo se realizó para adicionar la lámina de agua que el suelo requiere para llegar a capacidad de campo. El sistemas de riego con los pivotes, se programo para aplicar la lámina neta necesaria para llegar el suelo a capacidad de campo, cada día de operación el pivote realiza los riegos requeridos.

Costos del equipo y de operación

Los costos para el Pivote fijo se muestran en la tabla siguiente:

ESTRUCTURA DEL PIVOTE No.1 DE TRES TRAMOS						
No.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO DE LISTA EN USD	IMPORTE EN USD	IMPORTE EN PESOS MEXICANOS
1	CON VOLADIZO DE 26.8 MTS	PIEZA	1	5,700.00	5,700.00	\$57,000.00
2	AUTOREVERSA	LOTE	1	230.00	230.00	\$2,300.00
3	PAQUETE FIJO	LOTE	1	2,730.00	2,730.00	\$27,300.00
4	CODO DE 8"PARA PIVOTES	LOTE	1	155.00	155.00	\$1,550.00
5	CANON FINAL ELECTRICO MODELO SR 100 NVc/BOMBA REFORZADORA DE 130 GPM	LOTE	1	2,450.00	2,450.00	\$24,500.00
6	TRAMO DE 63.1 MTS.(157")SOLIDO	TRAMO	3	4,265.00	12,795.00	\$127,950.00
7	14.9x24 LLANTAS/RUEDAS GALVANIZADO	TRAMO	3	650.00	1,950.00	\$19,500.00
8	ASPERSORES D3000 CON REGULADORES DE PRESION	ML	190	3.40	646.00	\$6,460.00
9	BAJANTES DE DOS PIEZAS	ML	190	4.25	807.50	\$8,075.00
10	EXTENSIONES DE 42 "	PZA	90	9.70	873.00	\$8,730.00
11	BARRICADAS	PZA	2	290.00	580.00	\$5,800.00
12	FLETES Y MANIOBRAS	TRAILER	1	5,400.00	5,400.00	\$54,000.00
13	INSTALACION	TRAMO	3	350.00	1,050.00	\$10,500.00
14	DISENO DEL PROYECTO	LOTE	1	1,500.00	1,500.00	\$15,000.00
15	POLIZA DE MANTENIMIENTO ANNUAL	LOTE	1	500.00	500.00	\$5,000.00
				TOTAL	\$37,366.50	\$373,665.00

Los costos para el Pivote central remolcable se muestra en la tabla siguiente:

ESTRUCTURA DEL PIVOTE No.2 DE CINCO TRAMOS						
No.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO DE LISTA EN USD	IMPORTE EN USD	IMPORTE EN PESOS MEXICANOS
1	CON VOLADIZO DE 26.8 MTS	PIEZA	1	5,700.00	5,700.00	\$57,000.00
2	AUTOREVERSA	LOTE	1	230.00	230.00	\$2,300.00
3	PAQUETE FIJO	LOTE	1	2,730.00	2,730.00	\$27,300.00
4	CODO DE 8"PARA PIVOTES	LOTE	1	155.00	155.00	\$1,550.00
5	CANON FINAL ELECTRICO MODELO SR 100 NVc/BOMBA REFORZADORA DE 130 GPM	LOTE	1	2,450.00	2,450.00	\$24,500.00
6	TRAMO DE 47.8 MTS.(157")SOLIDO	TRAMO	5	4,265.00	21,325.00	\$213,250.00
7	14.9x24 LLANTAS/RUEDAS GALVANIZADO	TRAMO	5	650.00	3,250.00	\$32,500.00
8	ASPERSORES D3000 CON REGULADORES DE PRESION	ML	285	3.40	969.00	\$9,690.00
9	BAJANTES DE DOS PIEZAS	ML	285	4.25	1,211.25	\$12,112.50
10	EXTENSIONES DE 42 "	PZA	100	9.70	970.00	\$9,700.00
11	BARRICADAS	PZA	2	290.00	580.00	\$5,800.00
12	FLETES Y MANIOBRAS	TRAILER	1	5,400.00	5,400.00	\$54,000.00
13	INSTALACION	TRAMO	5	350.00	1,750.00	\$17,500.00
14	DISENO DEL PROYECTO	LOTE	1	1,500.00	1,500.00	\$15,000.00
15	POLIZA DE MANTENIMIENTO ANNUAL	LOTE	1	500.00	500.00	\$5,000.00
TOTAL					\$48,720.25	\$487,202.50

En la operación del riego, los rubros más importantes son: mano de obra, combustible, mantenimiento preventivo y correctivo.

En el sistema de riego de pivote central participan 2 personas por turno, uno opera el sistema de bombeo que abastece de agua el sistema de riego y el segundo es el operador del panel de control de pivote central y el cálculo se muestra en la tabla siguiente:

Cálculo del costo de mano de obra para riego con pivote central	
DESCRIPCIÓN	VALORES
No. De personas que participan operando el sistema	4
Valor de salarios mensuales incluyendo prestaciones laborales y sociales (USD)	1,000
Valor del salario USD/día	33.3
Hectáreas regadas por día (ver cuadro 6)	50.88
Costo unitario USD/ha para aplicar una lámina bruta de 11.8 mm	0.66

REFERENCIAS:
Tasa de cambio: USD 1.00 es equivalente a Q 8.00
Días laborables del mes: 30 días
Costo unitario USD/ha = Valor del salario USD/día / Area regada ha/día

El costo de consumo para el motor de la bomba del pivote central se muestra como sigue:

Cálculo del costo de combustible para riego con pivote central			
DESCRIPCIÓN	PIVOTE CENTRAL		
	Sistema de bombeo	Generador Eléctrico	Total
Potencia requerida Hp (ver incisos 6.1.2.C y 6.1.3.E)	61	7.2	79.2
Rendimiento de combustible gl/hr	2.96	0.35	3.31
Costo USD/gal	1.079	1.079	1.079
Costo USD/hr	3.19	0.38	3.57
Rendimiento hr/ha	0.47	0.47	0.47
Costo de combustible USD/ha	1.51	0.18	1.69

REFERENCIAS:
*Rendimiento para el pivote central = 0.34 lb. Diesel – hp/hr * Potencia motor (hp) / 7 lb/gal diesel*
*Costo unitario USD/ha = Costo USD/hr * Rendimiento hr/ha*

Los costos de material de instalación de la línea de baja tensión y de la línea de conducción y obra civil, se presentan en la tabla siguiente:

Costos de Instalaciones.					
Clave	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
CAP1	INSTALACION ELECTRICA.				
A	SUMINISTRO E INSTALACION DE LINEA DE BAJA TENSION (460 VOLTS).				
A.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONDUCTOR MONOPOLAR THW DEL NO. 4 INCLUYE: MATERIAL, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	ML	1,000.00	57.90	57,900.00
A.2	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA CONDUIT DE 38MM CED. 40; INCLUYE: MATERIAL, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTAS.	ML	1,000.00	27.75	27,750.00
A.3	CONSTRUCCION DE REGISTRO ELECTRICO DE 60X60X60 CM; INCLUYE: MATERIAL, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	PZA	3.00	1,584.00	4,752.00
A.4	SUMINISTRO E INSTALACION DE CONDUCTOR MONOPOLAR THW DEL NO. 12 INCLUYE: MATERIAL, MANO DE OBRA Y HERRAMIENTA.	ML	1,000.00	6.75	6,750.00
	Total de SUMINISTRO E INSTALACION DE LINEA DE BAJA TENSION (460 VOLTS).				97,152.00
	Total de INSTALACION ELECTRICA				97,152.00
CAP2	BASES DE CONCRETO				
C	BASES DE CONCRETO				
C.1	SUMINISTRO E INSTALACION DE BASES DE CONCRETO ARMADO INCLUYE: CIMENTACION, ARMADO CON ACERO DE REFUERZO DE 1/2", MALLA PARA REFUERZO POR TEMPERATURA ASI COMO ANCLAJE PARA PIVOTE FIJO O MOVIL.	PZA	1.00	6,966.96	6,966.96
	Total de BASES DE CONCRETO				6,966.96
	Total de BASES DE CONCRETO ARMADO				6,966.96
CAP3	INSTALACION HIDRAULICA				
D	SUMINISTRO E INSTALACION DE LINEA DE CONDUCCION DE 6" (EXCAVACIONES Y RELLENOS POR CUENTA DEL PRODUCTOR).				
D.1	TUBO HID. METR.C/C 160 MM. CLA 5. SUMINISTRO DE MATERIAL LAB HUAMANTLA	MT	150.00	346.21	51,931.50
D.2	COPEL TE C/VALV. HIDRANTE METR. 200X8". SUMINISTRO DE MATERIAL LAB TESECHOACAN	PZA	1.00	1,792.97	1,792.97
D.3	COPEL METR. REPARACION 160MM. SUMINISTRO DE MATERIAL LAB TESECHOACAN	PZA	2.00	397.69	795.38
D.4	REDUC. METR-METR. CAMP. 200-160MM. INSTALACION Y PRUEBA	PZA	1.00	145.75	145.75
	Total de SUMINISTRO E INSTALACION DE LINEA DE CONDUCCION DE 6" (EXCAVACIONES Y RELLENOS POR CUENTA DEL PRODUCTOR).				54,665.60
	Total de INSTALACION HIDRAULICA				54,665.60
	Total				158,784.56

Para la
equipo se
siguiente:

Personal

- un supervisor
- un electricista con experiencia
- un soldador
- un operador de la grúa
- 5 ayudantes

Equipo y herramientas

- Camión grúa
- Tractor con remolque
- Camioneta de carga
- Compresor de aire
- Herramientas de mano
- Llave inglesa de impacto

Los trabajos desarrollados para la instalación de los pivotes fueron:

- Ubicación de los puntos pivote y construcción de las losas de cimentación de 3.8 x 3.8 m, con

instalación del
requirió lo

- concreto reforzado con los tornillos de anclaje del pivote
- Excavaciones en las líneas de conducción e instalación de las tuberías de PVC, relleno y compactado de cepas.
 - Revisión y recepción de los materiales
 - Descargar la tubería y conexiones
 - Tender la tubería de la lateral
 - Ensamblaje y montaje de piezas tensores y ángulos
 - Instalación de las torres
 - Armar los tramos
 - Colocación de aspersores
 - Levantar torres y colocación de llantas
 - Instalación del equipo motriz
 - Instalación eléctrica
 - Colocación de paneles de control,
 - Unir tramos
 - Alineación del equipo
 - Puesta en marcha y revisión del funcionamiento global del equipo.

En el Apéndice E, con el fin de ilustrar el montaje de un pivote central, se muestran en el apartado E2 un conjunto de fotografías relativas al montaje.

Los sistemas de riego de Pivotes instalados en la Huerta la Trinidad funcionaron de acuerdo a las especificaciones y se obtuvieron ahorros de agua del 40% y ahorros de energía eléctrica del 30% y en costos de operación y mano de obra ahorros del 70%., permitiendo aumentar el área de cultivo de la papa con la misma disponibilidad de agua y tanto la densidad de plantas y cobertura del cultivo fueron mayores bajo riego por aspersión que el riego superficial por gravedad,

Con estos sistemas de pivote fue posible aumentar la productividad del agua aumentando los rendimientos y se incrementa la longevidad del cultivo, disminuyendo al mismo tiempo la presencia de malezas.

El análisis económico realizado por unidad de superficie, considerando los costos para equipar la superficie de las 79 hectáreas, permite concluir la obtención de mayores beneficios del cultivo bajo riego por pivote comparados los beneficios obtenidos con el riego por gravedad