

**APS EN CAÑA DE AZÚCAR PARA ZONAS INUNDABLES EN EL ESTADO DE TABASCO - MEXICO**  
(FPS IN SUGAR CANE FOR FLOOD AREAS IN THE STATE OF TABASCO – MEXICO)

Jaime Alberto Marin Rodriguez  
Mauricio Valderruten VanderHuck  
[jamarin@ipbj.com.mx](mailto:jamarin@ipbj.com.mx)  
[hmvalderruten@ipbj.com.mx](mailto:hmvalderruten@ipbj.com.mx)

**Resumen**

La proyección de crecimiento y expansión de la frontera agrícola para el establecimiento del cultivo de caña de azúcar en el área de influencia del Ingenio Presidente Benito Juárez (IPBJ) – Impulsora; requiere replantear los modelos tradicionales o convencionales de Adecuación de tierras de la región. Este trabajo presenta un modelo de Adecuación y Preparación de tierras para la siembra de caña azúcar en terrenos inundables, con un enfoque en el drenaje como factor principal en la búsqueda de la productividad del cultivo, priorizando el conjunto de labores y obras de ingeniería para el manejo integrado del recurso hídrico (Nivelación de tierras, canales de drenaje, estaciones de bombeo, diques de protección, siembra en el lomo). Para este proyecto se integró el concepto de distritos de drenaje fundamentado en estudios hidrológicos de la zona para el diseño de obras de drenaje y control de inundaciones; permitiendo la recuperación de 657 ha sin vocación agrícola, libres de inundación, facilitando las labores de APS y la posterior secuencia de labores culturales para el establecimiento y levante del cultivo de caña de azúcar.

Palabras claves: Adecuación, preparación, siembra en el lomo, distrito de drenaje.

**Abstrac**

The projected growth and expansion of the agricultural frontier for the establishment of sugarcane crops in the area of influence of sugarmill Presidente Benito Juárez (IPBJ) -Impulsora; requires rethinking the traditional or conventional models Adequacy of land in the region. This paper presents a model of Adjustment and Preparation of land for sugarcane planting in floodplains, with a focus on drainage as the main factor in the search for crop productivity, prioritizing tasks and assembly engineering for integrated management of water resources (land leveling, drainage channels, pumping stations, levees, planting in the back). For this project the concept of drainage districts based on hydrological studies of the area for the design of drainage and flood control was integrated; allowing recovery of 657 ha not suitable for agriculture, flood free, facilitating the work of FPS and the subsequent sequence of cultural practices for the establishment and release of sugarcane crops.

Keywords: Adaptation, preparation, planting on the back, drainage district

**Introducción**

La agricultura presenta hoy un reto de crecimiento importante en la generación de alimentos y energía para sostener el crecimiento de la población mundial, estos retos están en mejorar la producción por unidad de área, optimizar el recurso hídrico, el manejo del cambio climático y hacer más productivo el suelo en zonas de bajo aprovechamiento agrícola (zonas inundables).

Uno de principales limitantes de producción de la caña de azúcar en la zona de abastecimiento del ingenio IPBJ son las inundaciones, estas se presentan con mayor intensidad en los meses de Junio a octubre. Para la zona de estudio los registros pluviométricos alcanzan promedios anuales de 1925.5 mm y de máximos históricos en 24 horas de 518 mm; las características topográficas del terreno lo hacen susceptible a las inundaciones producidas por los tributarios del río Tonalá, entre ellos los ríos Zanapa y Coatajapa, los arroyos Rosario y Palo Blanco (Rojas y Barrientos, 2010a); anegando los cultivos y dificultando las labores de levantamiento de los mismos. Uno de los grandes retos para el crecimiento de este ingenio en superficie y rendimiento es el control de los excedentes hídricos, en conjunto con las labores de Adecuación, Preparación y Siembra, para mejorar el rendimiento de la producción de caña de azúcar en toneladas de caña por hectárea (TCH).

El modelo APS se define como el conjunto de labores que se desarrollan secuencialmente para establecer un cultivo; para el caso de la caña de azúcar adquiere la siguiente conceptualización:

### **Adecuación**

La adecuación de terrenos comprende un conjunto de estudios direccionados al manejo eficiente del recurso hídrico; partiendo de información básica que permita obtener un reconocimiento general de la zona a intervenir (cartografía, fotografías aéreas, estudios preliminares); seguido de actividades de limpieza o desmonte de terrenos que permitan realizar los levantamientos topográficos (planimetría y altimetría) y a su vez establecer un Diseño de Campo soportado por estudios de Riego y Drenaje que permitirán definir la ubicación de las obras hidráulicas como canales de drenaje, conducciones de agua para riego, localización de fuentes de abastecimiento de agua, obras de control de inundaciones, estaciones de bombeo (riego o drenaje) y vías de transporte, entre otras.

Un componente de suma importancia en la Adecuación es la Nivelación de tierras que consiste en generar pendientes homogéneas a los lotes donde se establecerá la plantación con el fin de facilitar el movimiento del agua tanto en el riego para garantizar la uniformidad del mismo y en el drenaje, mediante la evacuación oportuna de los excesos de agua generados principalmente por los eventos de precipitación. La Nivelación se logra mediante un estudio topográfico inicial y posterior análisis para establecer el método de trabajo. Los métodos más utilizados en la nivelación de terrenos son perfiles promedios, la rectificación o ajuste de curvas a nivel y el Centroide; este último es el más utilizado actualmente por los Software de nivelación; el cual proyecta pendientes al terreno en dos direcciones; una para el surco y otra para las acequias receptoras con el fin de garantizar la entrega final del agua en los canales de drenaje. La maquinaria utilizada en esta labor para generar los cortes y rellenos del terreno y garantizar pendientes homogéneas, son tractores entre 300 y 400 HP con traillas; acompañados de buldócer básicamente.

### **Preparación**

Es el conjunto de labores mecanizadas cuyo objetivo final es generar una "cama" de siembra apta para el establecimiento de la semilla de caña, que proporcione un espacio adecuado para el almacenamiento y movimiento del aire y el agua en el suelo. Luego de brindar todas las condiciones idóneas para que una planta pueda expresar su potencial genético en un suelo. La secuencia de labores e intensidad (número de pases) depende del tipo de suelo y condición de humedad del mismo.

Con la preparación de suelos se persigue la destrucción de malezas y residuos de cultivos anteriores, el aumento en la capacidad de infiltración y retención de agua en el suelo, una mejor aireación e intercambio de aire entre el suelo y la atmósfera, la penetración de las raíces, el aumento en la disponibilidad de los nutrientes y de la actividad microbiana en el suelo, y la destrucción de capas

compactadas resultantes de la deficiente preparación de los suelos (en ciclos anteriores) y del tráfico de la maquinaria. (Rodríguez y Daza,1995)

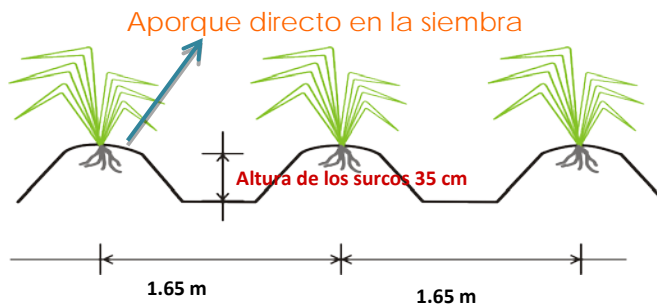
La secuencia de labores mecanizadas para caña de azúcar generalmente utilizadas en zonas húmedas son: descepada, rastrillada, subsolada, rastro arada, subsolada con topos, rastrillada, surcada y marcada de acequias con zanjador. Para su ejecución se utilizan tractores desde 180 a 400 HP e implementos agrícolas como rastras pesadas y livianas de discos desde 24" a 36", subsuelos parabólicos de hasta 0.90 m de profundidad de 5 vástagos y surcador para siembra en el lomo de 3 cuerpos con separación de 1.65 m.

### Siembra en el lomo

La labor de siembra convencional corresponde a la distribución de la semilla en el surco realizado por la preparación; en este surco (cama de siembra) se deposita la semilla en el fondo para luego ser tapada mecánica o manualmente.

En zonas de altas precipitaciones la siembra se realiza en el lomo o parte superior del surco donde queda un pequeño canal o guía realizada en el momento del surcado; este tipo de labor hace la diferencia en la germinación del cultivo, protegiendo la semilla de las condiciones de saturación de agua en el suelo.

### Esquema de Siembra en el lomo



**Figura 1.** Esquema de siembra en el Lomo

### Materiales y Métodos

Este proyecto está enmarcado dentro del Distrito de Temporal Tecnificado Zanapa - Tonalá en el Municipio de Huimanguillo, sector Pejelagartero primera sección, en los predios Pejelagartero, Pedro Gutiérrez y Montejo. Son terrenos caracterizados por la práctica de Ganadería extensiva sin vocación agrícola debido a la influencia de los periodos de creciente del Río Zanapa, con altitudes entre los 5 y 7 msnm con un clima Cálido húmedo. Los suelos de la zona de estudio tienen relieve plano a levemente

ondulado, de texturas moderadamente finas a gruesas, de drenaje imperfecto y en general, pero muy limitante para el desarrollo de una agricultura intensiva. (Rojas y Barrientos. 2012b).

El proceso metodológico de este trabajo toma como punto de partida la exploración preliminar del área de estudio, consultando aspectos cartográficos, geográficos, hidrológicos, climáticos, sociales y culturales. Para ello se realizaron consultas en los principales entes nacionales y estatales como INEGI, CONAGUA, UNAM e INIFAP que contienen la información necesaria para caracterizar la zona y proporcionan el insumo básico para los diseños posteriores de las obras de drenaje y protección contra inundaciones.

Como complemento del paso anterior; se realizaron tres sobre vuelos en helicóptero para el reconocimiento general de la zona de estudio; esta herramienta es muy utilizada en proyectos de gran escala ya que permite evidenciar la problemática de inundación que ocurre en el área identificando las zonas críticas, las zonas bajas, los corredores hidrológicos y las zonas de amortiguación; entre otros, dando una perspectiva global de la zona del proyecto y sus alrededores. Seguido a esto, se inician los levantamientos topográficos con el fin de generar la información de planimetría y altimétrica que permitió iniciar con el Diseño de campo y con la ubicación de las obras de las cuales se hablara posteriormente.

Ya teniendo claro el panorama general de área y con la recopilación de información inicial se procedió a generar el análisis de las precipitaciones para el diseño de las obras de drenaje con los datos de las estaciones de CONAGUA: Blasillo, Cárdenas, Poblado C-9, Poblado C-15, Poblado C-16 y Huimanguillo; se analizó la información de 55 años de registros pluviométricos utilizando los métodos SCS (U.S. Soil Conservation Service) y el método ILRI (International Livestock Research Institute). Se optó por los resultados del método ILRI siendo inferiores a los obtenidos por el método SCS, debido a que no todos los valores extremos se presentaron en el periodo crítico de septiembre a octubre.

Para la caña de azúcar la tolerancia a las inundaciones sin disminución de la producción de forma significativa esta entre 2 y 7 días dependiendo de la edad del cultivo; por lo tanto se propuso que el sistema de drenaje superficial estaría diseñado para un periodo de retorno de 1 en 2 años y la serie de 5 días con los valores obtenidos del método ILRI; la lámina sería de 203.94 mm. (Rojas y Barrientos, 2012c). Para este valor, el coeficiente de drenaje debe ser de  $203.94/120 = 1.70$  mm /hr, que expresado en caudal es 4.72 L/s/Ha; este valor asume que no hay pérdidas por infiltración y/o evaporación y el bombeo es permanente; excepto cuando los niveles de agua externos al distrito de drenaje son inferiores a los niveles internos de la estación de bombeo; ya que bajo esta condición el agua saldría por la obra de descarga por gravedad a diferentes caudales dependiendo de las diferencias entre dichos niveles. Para el distrito de drenaje de 657 ha, el caudal de diseño de las estaciones de bombeo es de 3.10 m<sup>3</sup>/s.

Las obras propuestas para el control de inundaciones se basaron en observaciones de campo, concretamente tomando los niveles de las marcas dejadas por la creciente de octubre de 2011 en las obras de drenaje del distrito de temporal Tecnificado Zanapa – Tonalá (canal Cuauhtémoc y canal marginal sur al colector B), observándose valores superiores a 5.0 msnm; por lo tanto se propuso una cota de corona del bordo de 6.0 msnm. Se utilizó este método práctico debido a que no se encontró disponible en CONAGUA la información de niveles máximos del río Zanapa.

Posterior a los resultados del estudio para el diseño de las obras de drenaje y control de inundaciones, se procedió con la propuesta del Diseño de Campo; el cual establece las obras de ingeniería como canales de drenaje, sistema de riego, vías de comunicación, estación de bombeo y obras

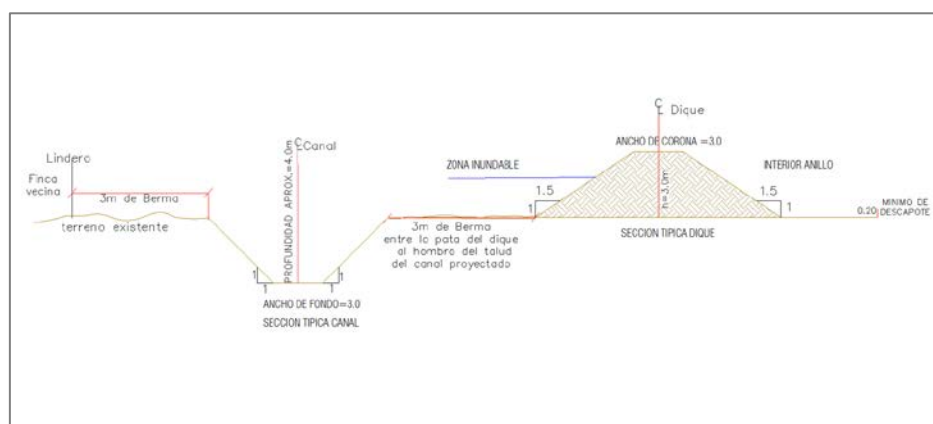
complementarias como pasos de agua (alcantarillas); en el diseño se define el tamaño de los tablonas, las longitud y dirección de surco de acuerdo a la topografía natural del terreno y a la propuesta de nivelación de tierras como labor fundamental para lograr la evacuación oportuna de los excesos de agua. Todo lo anterior se plasma en el campo a través de una comisión de topografía encargada de hacer cumplir lo que se definió en el diseño, y se materializa mediante el uso de maquinaria agrícola.

La Nivelación de terrenos, labor de alta importancia dentro del esquema de adecuación, se realizó mediante el método de perfiles promedio utilizando traíllas de nivelación y buldócer; posteriormente se realizó la preparación de tierras bajo una secuencia de labores que se describirán detalladamente en los resultados para obtener el producto final de todo este proceso; la realización del surco y posterior siembra en el lomo como alternativa para proporcionar condiciones óptimas en la germinación y desarrollo del cultivo a lo largo de su ciclo de producción.

## Resultados y discusión

El conjunto de labores de APS de las 657 ha de este proyecto, permitieron el establecimiento de 566 ha netas para la siembra caña libres de inundación, corresponden a un 86.14 % del área total, utilizando 13.86 % (91 ha) para todas las obras de Adecuación de terreno, las cual se describen a continuación: En diques (bordos) se construyeron 15, 370 ml, con una sección transversal trapezoidal de 12 ml de base, una corona de 3 ml y talud (1:1.5), corresponden a un 2.8 % (18.44 ha). Se utilizó un volumen de suelo para diques de 345,825 m<sup>3</sup>, provenientes de los canales interceptores y corredores hidrológicos construidos en la parte perimetral del proyecto. Para la construcción de las vías de comunicación como caminos engravados se realizaron 7,600 ml (4.94 ha) que corresponden al 0.75 % y para caminos secundarios se construyeron 139,575 ml (55.83 ha) que son un 8.49 %, estos permitirán realizar la cosecha y labores del cultivo.

Las obras de Adecuación para el distrito drenaje, se construyeron 33, 276 ml (11.97 ha) en canales internos con una sección típica (platilla 0.6 m / tirante 1.5 m / ancho 3.6 m), que corresponde a un 1.82 % del área bruta del proyecto. La conectividad del distrito de drenaje, tiene como objetivo conducir todas las aguas canalizadas a una zona baja, lugar donde se construyó la estación de bombeo o dársena, con una área de 0.27 ha que corresponden al 0.04 % del área bruta, donde los periodos críticos de lluvia debe bombearse, con el uso de dos bombas flotantes, no solo mecánicamente se drena, también existe la alternativa de descargar esta agua por gravedad, basado en el principio de la diferencia de niveles (Gradiente hidráulico).



**Figura 2.** Corte transversal del esquema de un Distrito de Drenaje

Las labores de Adecuación de terreno se iniciaron en diferentes etapas o periodos así: construcción de bordos, inicio en el año 2011 (20%), 2012 (50 %) y en 2013 (30 %) en el todos los años se mejora la estabilidad de los diques, recuperando su sección en lugares donde se perdió la estabilidad por acción de las lluvias o las inundaciones en el exterior del proyecto, en el año 2014 se continúan las obras de estabilización de estos diques. El distrito de drenaje inicio su construcción en el año 2011 (15 %), 2012 (45 %) y en 2013 (40 %), en cada año se realizaron mantenimientos a los canales de drenaje (desazolve), esto se continuo en el año 2014, se realizó debido a que la zona es plana de baja pendiente y levemente ondulada por lo tanto la velocidad de flujo es lenta lo que aumenta el grado de sedimentación, aun mas siendo el proyecto un sistema de drenaje cerrado, en el año 2013 se construyó la estación de bombeo y drenaje e instalación de una de las bombas flotantes, que permitió drenar y simultáneamente preparar 30 % del área neta en caña, labores que se explicaran más adelante a detalle.

En la zona de estudio se registró una pluviometría de 2,734 mm durante el año 2013, que corresponden a 17'443.000 m<sup>3</sup> de agua en 638.5 ha que es área interna del distrito de drenaje, para drenar este volumen de agua de su interior, se instaló en la estación de bombeo (dársena) una bomba flotante con capacidad de trabajo de 2.7 m<sup>3</sup>/s y eficiencia de operación de 82 %, lo que permitió bombear fuera del terreno 13'400.000 m<sup>3</sup> aproximadamente en 1,378 horas de operación, cabe mencionar que entre el volumen de agua de la precipitación y lo drenado, una parte es infiltrado entre los eventos de lluvias de la temporada invernal 4'040.000 m<sup>3</sup>.

Las labores de preparación de terreno se iniciaron en el año 2012, momento en el cual se realizó con tractores agrícolas y rastras de 12 x 36", la limpieza del terreno para tomar la topografía del mismo para el diseño de campo, luego de cerrar el dique en el año 2013 y drenar los eventos de lluvia del mismo año se logró realizar simultáneamente labores de preparación las cuales se comparan contra el modelo tradicional de la zona:

Descripción Labor	Tradicional pases/ha	Proyecto Pases /ha
Decepada (Barbecho)	1	2
Rastra post-decepada	2	2
Subsolada	0	1
Rastro arada	0	1
Rastrillada	0	1
Surco	1	1 (lomo)
Acequias recibidoras (Perpendiculares al surco)	0	1

**Tabla I.** Tabla comparativa de labores de preparación convencionales y utilizadas en el proyecto

En el año 2013 se prepararon y surcaron en el lomo 170 ha en caña que corresponden al 30 % del área neta en caña.

La siembra se realizó en el mes de julio del año 2013, momento en el cual iniciaron las lluvias, esta labor de surco se realizó después del último pase de rastrillada, la distancia de siembra entre surcos es de 1.65 ml para cosecha mecánica, la finalidad de esta labor es generar un lugar donde depositar ordenadamente la semilla en el campo, como la zona del proyecto es una zona plana de bajas

pendientes, el surco se realiza en el lomo para proteger la semilla de los excesos de humedad en los meses de germinación y desarrollo, permitiendo una mejor emisión de raíces, anclaje y asimilación de nutrientes del suelo (generados por la preparación del suelo, aumento densidad aparente). Antes de depositar la semilla de caña en el lomo (Pequeña raya en "V), se aplicó 50 kg por hectárea de una proporción Fosforo potasio (25:75), para mejorar el desarrollo radicular, y fortalecer los primeros días de crecimiento. La nutrición se complementó con 115 unidades/ha de nitrógeno (250 kg/urea), fraccionado en 3 aplicaciones manuales, esta no se pudo realizar mecánicamente por los meses lluviosos en los cuales se realizó la siembra. Se utilizó para la siembra semilla de caña cortada en trozos de 60 cm de largo y amarrada en paquetes de 30 tallos esta se distribuyó en el campo de forma manual, con la instalación de banderas que dividen la longitud del surco cada 10 metros en los cuales se ubica cada paquete, las variedades utilizadas para la siembra en las 170 ha, 82 % Mex-69-209 (Variedad México) y de CC85-92 un 18 % (Cenicaña Colombia; Convenio IPBJ-Cenicaña para evaluar variedades).



**Figura 3.** Surcado para siembra en el lomo

### **Conclusiones**

Toda inversión en obras de adecuación (Drenaje, control de inundaciones, nivelación y riego) debe ir soportada por estudios de diseño que garanticen la sostenibilidad de las obras construidas; idealmente fundamentada en datos confiables y en algunos casos es práctico valerse de la observación, concretamente para el diseño de obras de control de inundaciones donde no se cuenta con registros históricos de cotas de crecientes.

En distritos de drenaje debe garantizarse la operación constante de los equipos de bombeo en las temporadas de crecientes; es necesario tener un equipo de contingencia de tal manera que se puedan realizar cambios inmediatos ante los paros generados por daños mecánicos principalmente; de lo contrario podrían generarse pérdidas del cultivo o deterioro de la productividad del mismo.

Las innovaciones tecnológicas en la agricultura deben ir acompañadas de procesos de transferencia de tecnología; prácticas de mantenimiento y capacitación permanente a los operadores con el fin de generar espacios de retroalimentación entre los usuarios (operadores, mecánicos, supervisores, superintendentes, gerentes).

Las obras de protección contra inundaciones exigen de un monitoreo periódico en el tiempo, de ellas también dependen las inversiones realizadas en el establecimiento del cultivo; deben reforzarse las veces que sea necesario y determinar la causa raíz que genera su estabilidad con el fin de generar alternativas de mejoramiento de las mismas.

La siembra en el lomo constituye un factor de éxito en el establecimiento del cultivo dentro de los distritos de drenaje, garantizando la germinación de la semilla al evitar estados de saturación del suelo, permitiendo el intercambio gaseoso entre las raíces y los nutrientes del suelo.

### **Referencias**

RODRÍGUEZ, C.A.; DAZA, O.H. Preparación de suelos. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 1995. p.109-114.)

ROJAS, J; BARRIENTOS, G. Estudios básicos y diseño de las obras de control de inundaciones y drenaje superficial del área de expansión agrícola del ingenio Presidente Benito Juárez. 2012.