

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LIMPIEZA PARA BOMBA DE EMULSIÓN ASFÁLTICA

Ing. Luis Armando Díaz Romero<sup>1</sup>, Dr. Reymundo Ramírez Betancour<sup>2</sup>

**Resumen**— El sistema de limpieza propuesto para una bomba de emulsión asfáltica Viking Pump K225, montada en una planta de mezcla en frío marca Roher de la empresa mexicana R&R Empresarial, S.A. de C.V., tiene el propósito de corregir una problemática ocasionada por los residuos de asfalto endurecido que dificultan el arranque de la bomba de emulsión utilizada en la producción. Se presenta el caso de estudio utilizando herramientas de modelado en 3D. Mediante simulación se determinó el diseño adecuado del sistema con un bajo costo para la empresa y con la modificación mínima del equipo. Una vez realizada la simulación del diseño propuesto se efectúa la implementación realizada con materiales de fácil obtención y que permiten la correcta adaptación del sistema total de producción. Con esto se logra una operación segura de la planta reduciendo el tiempo de arranque y evitando prácticas riesgosas para el operador y el equipo.

**Palabras clave**—bomba de emulsión, limpieza, emulsión, solventes.

## Introducción

La infraestructura carretera ha sido parte fundamental para la movilidad del ser humano. En México el 96% de las carreteras están elaboradas con asfalto. (Morales, 2008). Las mezclas utilizadas en la construcción de carreteras en México en su mayoría son mezclas en caliente, que se elaboran utilizando cemento asfáltico y materiales pétreos en una planta mezcladora estacionaria o móvil, provista del equipo necesario para calentar los componentes de la mezcla. (SCT, 2002)

Aunque en México las mezclas asfálticas con emulsión se utilizan desde los 60 y tuvieron un gran auge en los 90, su uso disminuyó considerablemente, ya que en muchos casos no se obtenían los resultados esperados, por factores como el uso de emulsiones no formuladas correctamente, procedimientos productivos deficientes y escasos controles de calidad.

En contraste, las mezclas asfálticas en frío presentan claras ventajas en comparación con las de mezclas en caliente, como ser más amigables con el medio ambiente, el equipo y la maquinaria con el cual se elaboran son menos complejos de diseñar y operar, los costos de operación y producción y tendido son bajos, el consumo energético es menor, además se pueden aplicar en condiciones climáticas adversas, como la alta humedad.

Debido a su importancia en la construcción y conservación de carreteras, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha publicado normas y estándares que optimizan el uso de estos equipos para regular la calidad de las mezclas en frío utilizadas en el país. Un procedimiento mal aplicado podría causar mayores gastos a los constructores o, incluso, la suspensión de cualquier obra de construcción.

Una parte del proceso de elaboración de mezclas en frío es la incorporación de la emulsión, se realizan por medio de bombas de asfalto, las cuales son equipos especialmente diseñados para el correcto desplazamiento de la emulsión asfáltica en el proceso de producción.

Sin embargo, la falta de una limpieza adecuada al finalizar las operaciones de cada ciclo de producción y las características propias del material utilizado provoca problemas operativos, como el atascamiento de la bomba, que impide el arranque del equipo. Esto conlleva la aplicación de prácticas inadecuadas por parte de los operadores que ponen en riesgo, la integridad física de los trabajadores y del equipo donde se produce.

## Metodología de Diseño

### Problemática

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México establece los parámetros y las condiciones con las que deben operar los equipos involucrados en todo proceso de construcción que involucre el uso de mezclas frías. Esto incluye sus características técnicas, el tipo de emulsión utilizada según una clasificación regional, condiciones ambientales en las que se deben de producir y tender, entre muchos otros factores. Dicho equipo debe ser mantenido y operado de una manera adecuada, además de que el personal involucrado esté capacitado. (SCT, 2000)

<sup>1</sup> El Ing. Luis Armando Díaz Romero es estudiante de la Maestría en Manufactura Avanzada en el Centro de Tecnología Avanzada, CIATEQ A.C., Unidad Tabasco, México [armandiaz17@gmail.com](mailto:armandiaz17@gmail.com) (autor correspondiente)

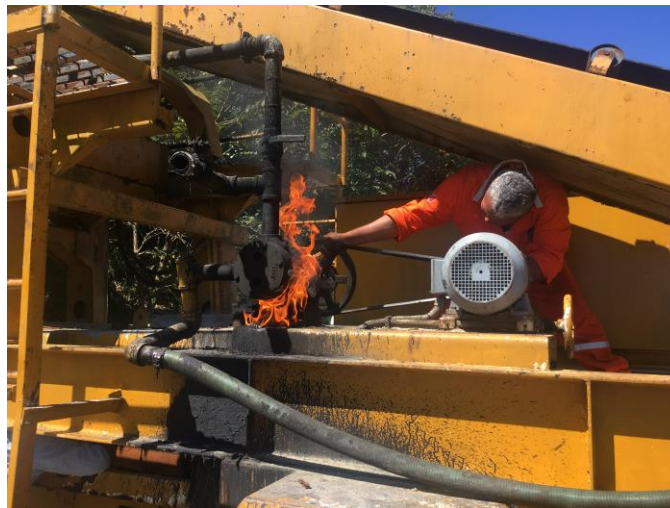
<sup>2</sup> El Dr. Reymundo Ramírez Betancour es Profesor Investigador en la licenciatura en Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Profesor en el programa de Maestría y Doctorado en Manufactura Avanzada en el CIATEQ sede Tabasco, México [reymundo.ramirez@ujat.mx](mailto:reymundo.ramirez@ujat.mx)

Todos estos lineamientos deben cumplirse para garantizar la calidad de las mezclas asfálticas, evitar malas prácticas de operación y mantener los equipos en óptimas condiciones. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo, en tanto que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. (SCT, 2000)

Las empresas constructoras de carreteras deben atender estas normas y la empresa mexicana R&R Empresarial, S.A. de C.V. es una de las más interesadas por cumplirlas y evitar riesgos operativos en su producción. Una problemática que se identificó en uno de sus procesos es que, al iniciar la operación de una planta de mezcla de asfalto en frío, la bomba de emulsión asfáltica tiende a atascarse debido a los residuos del material asfáltico que quedan de la operación del ciclo de trabajo anterior.

La solución lógica para resolverlo implica la aplicación de calor para lograr derretir el material que se encuentra dentro de la bomba. Un método utilizado es direccionar los gases de escape de un motor de combustión interna hacia la bomba para producir calor, pero no siempre resulta una manera eficaz y hay sistemas en donde eso no es posible.

Existen en el mercado bombas forradas donde en sus cavidades se puede circular aceite térmico o vapor, el cual es calentado por intercambiadores de calor, y es circulado a la bomba de emulsión por una bomba auxiliar. Aunque estos sistemas han resultado efectivos para la resolución del atascamiento por materiales que requieren altas temperaturas para su bombeo, generalmente se compran como opción, tienen que tener calderas y un sistema auxiliar de bombeo, elevando el precio de los equipos. Este método resulta costoso para la operación de la planta de mezcla en frío.



**Figura 1** Técnica peligrosa para precalentamiento de la bomba

Al no contar con las alternativas mencionadas, los operadores aplican calor a fuego directo en la bomba mediante sopletes de gas LP, quemando trapos empapados con diésel u otro combustible sobre ella, incluso con leña. Como se aprecia en la *Figura 1*, cada que se inicia una descarga o la operación de la planta, es necesario aplicar esta técnica peligrosa, y que difiere de las recomendaciones de operación de las bombas asfálticas y de seguridad. Esto conlleva a un deterioro acelerado del equipo, tiempo de espera antes de arrancar la operación de la planta y riesgos a la salud.

#### *Caso de Estudio*

Bomba de desplazamiento positivo Viking Pump K225. La bomba rotativa de desplazamiento positivo Viking proporciona un flujo uniforme cuando se manejan líquidos pesados y viscosos como asfalto, jarabe, melaza, alquitrán de hulla, soluciones de jabón, etc. Estos líquidos presentan problemas de alta viscosidad a bajas temperaturas, por lo que la bomba está forrada con camisas en la parte delantera y trasera que permiten el precalentamiento de la bomba. Se requiere precalentamiento con líquidos viscosos que se enfrían a temperaturas ambiente y se vuelven casi sólidos. Sin precalentamiento, esta masa pesada puede dañar las bombas, los motores y el sistema total.

Especificaciones técnicas de la bomba se pueden observar en la *Tabla 1*.



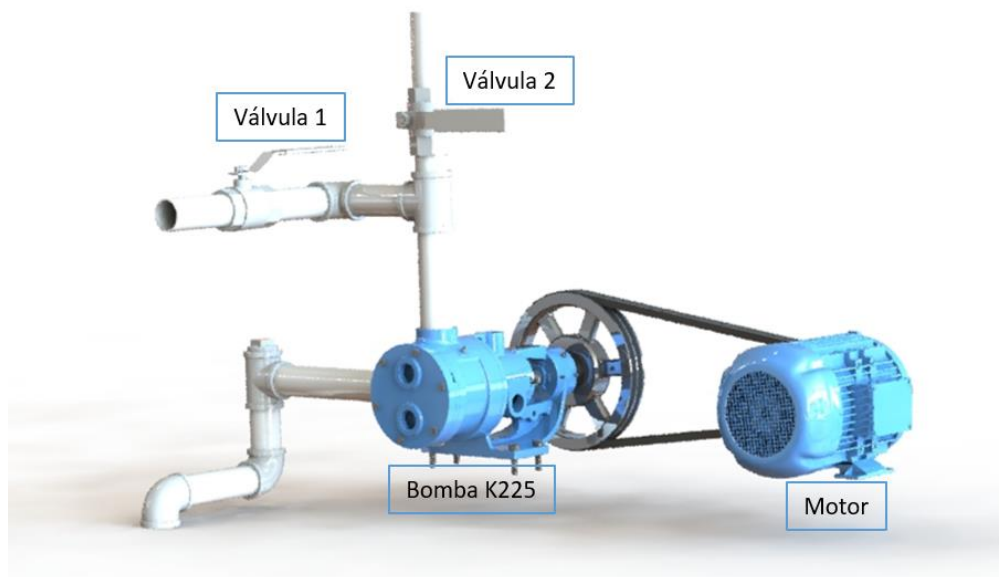
**Figura 2** Bomba Viking K225

Número de modelo		Tamaño de puerto			Valor nominal		Motor HP requerido a velocidad nominal Bombeo de líquido 100 SSU		Máxima presión hidrostática	Viscosidad recomendada para fabricación en acero	Presión de descarga máxima cuando se manejan 100 SSU de velocidad de bombeo	Temperatura máxima/Presión de fluidos en camisas				Peso aproximado del envío con la cabeza cubierta
												Vapor		Transferencia de aceite térmico		
Empacado	Sello	Pulgadas	GPM (m <sup>3</sup> /hr)	RPM	50 PSI (3 BAR)	100 PSI (7 BAR)	PSIG (BAR)	SSU (cSt)	PSIG	Temp. °F (°C)	Presión PSIG (BAR)	Temp. °F (°C)	Presión PSIG (BAR)	Libras (KG)		
K225	K4225	2	60 (14)	640	3	7 ½	400 (28)	25,000 (5,500)	200	365 (185)	150 (10)	452 (232)	150 (10)	120 (54)		

**Tabla 1** Especificaciones técnicas de la bomba K225

*Sistema de Bombeo Actual*

El sistema de producción actual cuenta con una bomba asfáltica marca Viking modelo K225, impulsado por un motor trifásico siemens de 5HP. La bomba tiene una entrada y una salida de 2 pulgadas. La salida de la bomba se puede direccionar por medio de válvulas de paso para dos propósitos de uso. Válvula uno cerrada y válvula dos abierta, envía el flujo de la bomba para inyectar la emulsión en los agregados pétreos para la producción de mezcla fría. Válvula dos cerrada y válvula uno abierta, se utiliza para recircular la emulsión en el contenedor cuando así se requiere.



**Figura 3** Sistema de bombeo actual

*Fluidos en el sistema de bombeo*

Las emulsiones que utilizan en la empresa R&R Empresarial para la elaboración la mezcla fría y que son bombeadas por el sistema estudiado son la ECL65 y ECS60.

**ECL65** Emulsión catiónica de rompimiento lento. Es una emulsión asfáltica catiónica en solución acuosa, de alta viscosidad, estabilizada con agentes tensoactivos promotores de adhesión, los cuales le proporcionan una polaridad positiva a la carga de la partícula. Su alta viscosidad proporciona una película más espesa que permite una mejor adherencia con el material pétreo. Se utiliza para carpetas en frío elaboradas en planta estabilizadora, para estabilizaciones asfálticas, premezclado de sello y riego de impregnación sobre base compactada.

**ECS60** Emulsión catiónica de rompimiento súper estable. Es una emulsión asfáltica catiónica en solución acuosa, estabilizada con agentes tensoactivos que promueven la adhesión, especialmente en agregados de mezclas en frío, los cuales le proporcionan una polaridad positiva a la carga de la partícula. Esta emulsión se emplea para riegos de impregnación sobre base hidráulica, elaboración de mezclas asfálticas en frío en planta estabilizadora, premezclado de sello, riegos de liga, estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos.

Propiedades físicas ECL65	
Color	Café oscuro
Gravedad Específica	1.06 + 0.2
pH	3 - 4
Punto de ebullición	100°C
Solubilidad en agua	Aceptable
Temperatura de aplicación	Ambiente
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C; s, mínimo	25

**Tabla 2** Propiedades físicas de la emulsión ECL65

Propiedades físicas ECS60	
Color	Café oscuro
Gravedad Específica	1.03 + 0.2
pH	3 - 4
Punto de ebullición	100°C
Solubilidad en agua	Aceptable
Temperatura de aplicación	Ambiente
Viscosidad Saybolt-Furol a 25°C; s, mínimo	25

**Tabla 3** Propiedades físicas de la emulsión ECS60

*Solventes*

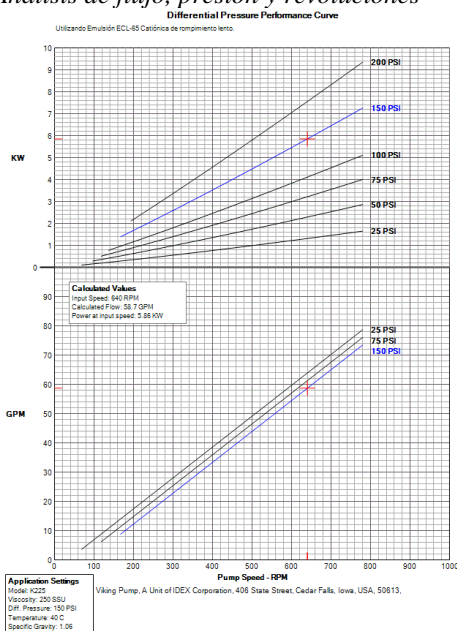
Son empleados para la remoción de los residuos de asfalto. Al terminar el proceso de bombeo de la emulsión en la producción o descarga, el operador desacopla las tuberías de succión entre el depósito y la bomba para no dejar emulsión acumulada. No todo el porcentaje de emulsión queda en la bomba pues al romperse, el componente asfáltico se solidifica, presentando un atascamiento del equipo al querer reiniciar las operaciones.

Dependiendo de sus características se utilizan diversos solventes para la limpieza de los equipos que entran en contacto con materiales asfálticos. Por ejemplo, para pruebas de laboratorio se utilizan el tricloroetano o tricloroetileno para separar el asfalto de los agregados. (Ingeniería y Capacitación MR y Cía. Ltda., 2017) También se usa el tetracloruro de carbono, el disulfuro de carbono y el Varsol (SCT, 2015). En la práctica, para la limpieza de las bombas, se desmontan y se les aplica calor, con un combustible y fuego para que desprendan el material asfáltico acumulado. Esta práctica va en contra de las recomendaciones de los fabricantes.

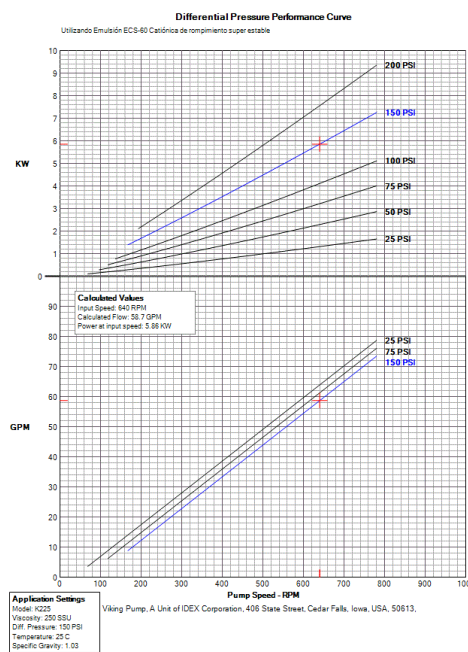
Otra de las sustancias utilizadas es el Diesel. Es un hidrocarburo compuesto por parafinicos, cicloparafinicos, aromáticos y oleofinicos. Es estable, no se descompone a temperatura ambiente, no es tóxico, aunque puede presentar reacciones adversas al ser ingerido o contacto con la piel (PEMEX, 1998). Utilizado principalmente como combustible para motores de combustión interna encendidos por compresión, el diésel es ampliamente usado en los talleres como disolvente de grasa y suciedad, también es un solvente poderoso de los materiales asfálticos, limpiando de manera efectiva comparado con gasolinas y desesgrasantes de uso comercial.

Para el caso de estudio se eligió como solvente de limpieza el diésel debido a las características antes mencionadas.

*Análisis de flujo, presión y revoluciones*

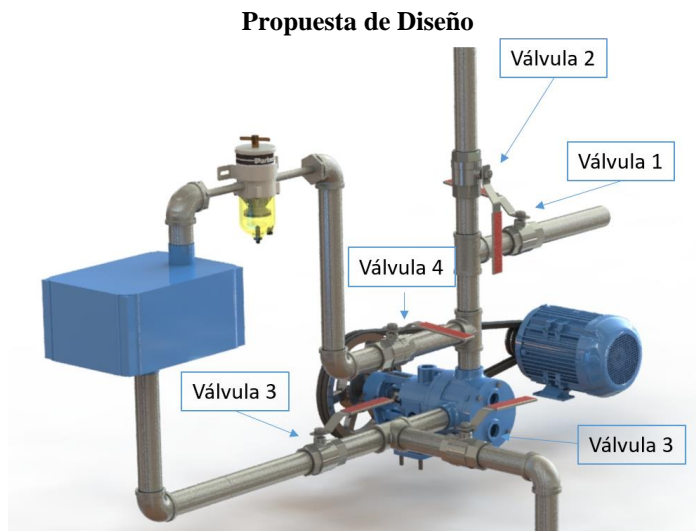


**Figura 4** Caudal-velocidad ECL65



**Figura 5** Caudal-velocidad ECS60

Las gráficas muestran la relación entre el caudal-velocidad con la presión y potencia-velocidad con la presión para las emulsiones que se utilizan en la producción de mezcla fría para el caso de estudio. Ambas gráficas son similares debido a que las propiedades físicas de las emulsiones no difieren.



**Figura 6** Sistema de limpieza propuesto

La propuesta de diseño busca utilizar el conjunto bomba-motor para su accionamiento. Se incluyen adecuaciones en las tuberías para incorporar un sistema cerrado que permita recircular el solvente utilizado.

El sistema cuenta con un tanque de almacenamiento para el solvente con capacidad de 30 litros, 3 válvulas de paso que sirven como bypass, y un filtro tipo Racor separador de agua.

Las emulsiones asfálticas no presentan grandes inconvenientes para su bombeo por su manipulación a temperatura ambiente y una viscosidad baja. Sin embargo, al romperse la emulsión se separan el agua y el asfalto, ese residuo es altamente viscoso a temperatura ambiente, por lo que requiere calentamiento para poder ser bombeado. Los sistemas de calentamiento ablandan el material hasta que este fluye. El sistema propuesto busca eliminar los residuos del material asfáltico inmediatamente terminado el proceso de producción por medio de un solvente, eliminando la necesidad de utilizar calor.

Para la producción de mezcla fría, solo las válvulas 2 y 3 deben permanecer abiertas para que el producto circule desde el tanque de depósito de emulsión hasta la mezcladora. Terminando la producción se desconecta la alimentación de la bomba y se vacían las líneas. Para comenzar con la limpieza de la bomba se cierran todas las válvulas con excepción de las válvulas 4 y 5.

Montado 80 cm por encima del nivel de la entrada de la bomba, el depósito del solvente llena las tuberías de 2 pulgadas, posteriormente se enciende la bomba y el solvente comienza a circular por las líneas. Entre la salida de la bomba y el depósito se encuentra un filtro tipo Racor, que separa los restos de agua que pueda contener el sistema y el solvente pueda ser reutilizado continuamente por un periodo mayor de tiempo.

Una vez limpia la bomba, se cierran las válvulas y se apaga. Se abre la válvula 2. El sistema queda listo para el arranque.

### Comentarios Finales

#### Resultados

Los resultados de las simulaciones del sistema muestran la viabilidad de utilizar e implementar las adecuaciones necesarias para utilizar el diésel como solvente para eliminar los residuos asfálticos que se presentan durante el proceso de producción de mezcla fría.

El motor trifásico está controlado por un variador de frecuencias para reducir las revoluciones de la bomba. Con ello se logra controlar los galones por minuto entregados, así como su presión. Esto es requerido para cumplir con las especificaciones del filtro, un bajo consumo de energía y presión en el sistema, como lo muestra la *Figura 7*.

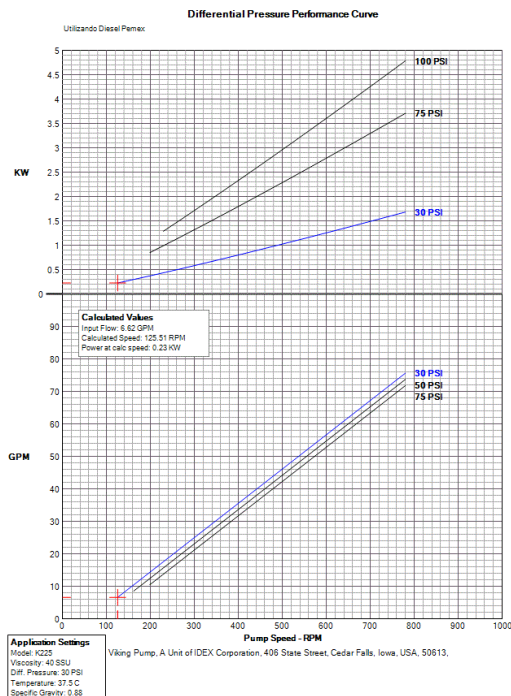


Figura 7 Caudal-velocidad Diésel

### Conclusiones

Al implementar un sistema de limpieza de la bomba mediante un disolvente, se logra la remoción de los residuos del material acumulado en el proceso, liberando el atascamiento de la bomba, acortando el tiempo de arranque del proceso de producción y eliminando el factor de riesgo personal y del equipo.

### Recomendaciones

Este sistema puede evolucionar automatizando el proceso de apertura y cerrado de válvulas, número de RPM, tiempos de giro y parada.

### Referencias

Ingeniería y Capacitación MR y Cía. Ltda. (2017). Control de Riesgos en Obras de Construcción - Plantas Asfálticas. Obtenido de Asociación Chilena de Seguridad: <http://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/plantas-asfalticas.pdf>

Morales, J. C. (2008). Análisis Del Sistema CASAA (Carpeta Asfáltica Superficial Altamente Adherida) Para El Mejoramiento De La Calidad De Los Pavimentos Asfálticos En México. Ciudad de México: UNAM.

PEMEX. (1998). HDSS: PR-301/2010 PEMEX DIESEL. México: PEMEX.

SCT. (2000). N.CTR.CAR.1.04.007/00. En S. d. Transportes, CTR. Construcción (pág. 1). Ciudad de México, Distrito Federal, México: SCT.

SCT. (2002). N.CMT.4.05.003/02. En S. d. Transportes, CMT. Características de los Materiales (pág. 1). México, D.F.: SCT.

SCT. (2015). MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES. México: SCT.

### Notas Biográficas

El **Ing. Luis Armando Díaz Romero** es estudiante de la Maestría en Manufactura Avanzada en el Centro de Tecnología Avanzada, CIATEQ, A.C., Unidad Tabasco. Estudió Ingeniería en Electrónica y Automatización en la Universidad Interamericana del Norte, Campus Tabasco. Es Intendente de maquinaria en la empresa constructora R&R Empresarial, S.A. de C.V.

El **Dr. Reymundo Ramírez Betancour** es Profesor Investigador en la licenciatura en Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Profesor en el programa de Maestría y Doctorado en Manufactura Avanzada en CIATEQ, Unidad Tabasco. Es Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialidad en "Sistema Eléctricos" por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Es autor de diversos artículos de investigación en revistas indexadas nacionales e internacionales en su campo de investigación.