

## PROPUESTA DE MODELO DE CAPACITACIÓN BASADO EN GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO A PROGRAMADORES CNC

Guzmán Gerardo Alfonso Sánchez-Schmitz, Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, Ana Karen Ochoa-Madrid

**Resumen - Hoy en día las empresas nos presentan el futuro de la economía global ya que, se cuenta con esta poderosa era de conocimiento y los grandes avances de la tecnología, sin embargo, las organizaciones presentan un retraso de adaptación para sus nuevos integrantes y la industria aeroespacial no es la excepción. Este trabajo propone implementar un modelo de capacitación basado en la Gestión del Conocimiento y sus estrategias, ya que han demostrado que pueden adaptarse a cualquier tipo industria. La implementación de un método para el apoyo del proceso de capacitación a nuevos programadores CNC en una organización aeroespacial mejorará los tiempos de aprendizaje y la conservación de conocimiento tácito dentro del área. La investigación pretende eliminar la dependencia de conocimiento entre programadores creando un sistema versátil**

**dónde se logren observar las técnicas que se utilizan en el área de trabajo.**

**Índice de Términos – Gestión del Conocimiento, Personal Técnico, Buenas Prácticas, Sistemas de Información.**

### I. INTRODUCCION

La investigación es realizada en una compañía aeroespacial de clase mundial especializada en el mecanizado de piezas estructurales, motores y piezas de precisión en aleaciones ligeras y metales duros. Los procesos industriales de una empresa de este tipo se desarrollan mediante el uso de códigos (programas de diseño y fabricación) que hacen que los equipos CNC ejecuten los cortes o procesos necesarios y fabriquen las piezas que son enviadas a los clientes. El equipo de trabajo consta de cinco programadores en el que hay un coordinador y cuatro programadores; el coordinador es el que verifica y

organiza los nuevos programas a realizar y también, es el que cuenta con más experiencia y tiene la responsabilidad de capacitar a los nuevos programadores. La capacitación requiere de mucha atención y tiempo, por lo que el coordinador descuida las otras actividades que están a su cargo. La problemática detectada está en cada vez que se hace la contratación a nuevos programadores; el tiempo de capacitación se incrementa, esto es medido con el tiempo que tardan en hacer su primer programa solos. La investigación es fundamentada con literatura en temas como Gestión del Conocimiento, Capacitación al Personal Técnico y Learning Management System para después realizar la creación de un Modelo de Capacitación basado en la Gestión del Conocimiento. Al ser una investigación en proceso, los resultados que se presentan en este artículo son pocos, pero las primeras observaciones y comentarios que se han obtenido han sido positivos.

## II. ANTECEDENTES

La Gestión del Conocimiento (GC) es la actividad de generar, procesar y almacenar conocimiento dentro de las bases de conocimiento. Las actividades de apoyo incluyen crear, acceder, recuperar, actualizar y eliminar el conocimiento (y los datos estructurados que lo acompañan) de una base de conocimiento. Los datos, el conocimiento a priori y las condiciones son insumos para la actividad de la ingeniería del conocimiento [1]. Una cultura efectiva de GC en reglas y prácticas que promueven la transferencia de información y conocimiento entre el

personal y entre los diferentes niveles administrativos [2].

Modelo de Wiig para construir y usar conocimiento (figura 1). Cómo organizamos y mantenemos el conocimiento [3]:

Conocimiento público: el conocimiento más accesible es predominantemente explícito, se enseña y se comparte de manera rutinaria, y generalmente está disponible en el dominio público. El conocimiento público es principalmente sistemático, aunque algunos son idealistas y pragmáticos.

Experiencia compartida: los activos de conocimiento patentados son conocimientos exclusivos que poseen los trabajadores del conocimiento y que comparten en su trabajo, o que están integrados en tecnología y otras manifestaciones patentadas. Puede ser explícito, pero a menudo se comunica mediante representaciones o lenguajes especializados. La experiencia compartida es principalmente conocimiento pragmático, aunque este tipo de conocimiento también incluye conocimiento idealista y sistemático, y los expertos pueden referirse al conocimiento automático.

El conocimiento personal: el conocimiento menos accesible y más completo, existe tácitamente en la mente de las personas y se usa de manera inconsciente en el trabajo, el juego y la vida diaria. El conocimiento personal consiste en una pequeña parte del conocimiento automático. Sin embargo, la mayor parte del conocimiento personal consiste en un conocimiento idealista, sistemático e incluso pragmático que no se explica ni se comprende con claridad.

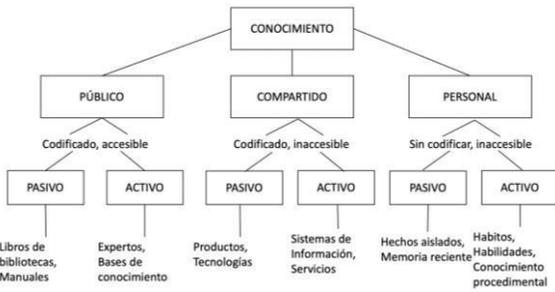


Fig. 1. Modelo para Construir y Usar el Conocimiento, Wiig (1993), Elaboración propia.

El ciclo GC de Bukowitz y Williams (figura 2). Es un marco de procesos de gestión del conocimiento que describe "cómo las organizaciones generan, mantienen y despliegan un stock de conocimiento estratégicamente correcto para crear valor". En este marco, el conocimiento se compone de repositorios de conocimiento, relaciones, tecnologías de la información, infraestructuras de comunicaciones, conjuntos de habilidades funcionales, know-how de procesos, capacidad de respuesta ambiental, inteligencia organizacional y fuentes externas, entre otros. Las fases de "obtener", "aprender" y "contribuir" son de naturaleza táctica. Son provocadas por oportunidades o demandas impulsadas por el mercado y, por lo general, resultan en el uso diario del conocimiento para responder a estas demandas. Las etapas de "evaluar", "construir / mantener" o "desinvertir" son de naturaleza más estratégica, provocadas por cambios en el macroambiente. Estas etapas se centran en procesos de mayor alcance para hacer coincidir el capital intelectual con los requisitos estratégicos [4].

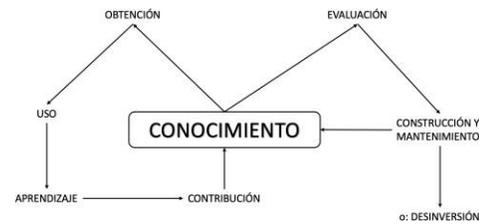


Fig. 2. Ciclo de GC, Bukowitz y Williams (2000), Elaboración propia.

Modelo en espiral del conocimiento (figura 3). [5] En su opinión, el conocimiento se crea mediante la interacción entre cuatro modos de creación de conocimiento: socialización, la conversión del conocimiento tácito en tácito; internalización, de explícita a tácita; combinación, de explícito a explícito y externalización, de tácito a explícito.



Fig. 3. Modelo en Espiral del Conocimiento, Nonaka y Takeuchi (1999), Elaboración propia.

Cuatro formas de conversión del conocimiento [6]:

Socialización: de tácito a tácito. La socialización es un proceso que consiste en compartir experiencias y, por tanto, crear conocimiento tácito tal como los modelos mentales compartidos y las habilidades técnicas.

Exteriorización: de tácito a explícito. La exteriorización es un proceso a través del cual se enuncia el conocimiento tácito en forma de conceptos explícitos. Es un proceso esencial de creación de conocimiento en el que el conocimiento tácito se vuelve explícito y adopta la forma de

metáforas, analogías, conceptos, hipótesis o modelos.

**Combinación:** de explícito a explícito. La combinación es un proceso de sistematización de conceptos con el que se genera un sistema de conocimiento. Esta forma de conversión de conocimiento implica la combinación de distintos cuerpos de conocimiento explícito. Los individuos intercambian y combinan conocimiento a través de distintos medios, tales como documentos, juntas, conversaciones por teléfono o redes computarizadas de comunicación.

**Interiorización:** de explícito a tácito. La interiorización es un proceso de conversión de conocimiento explícito en conocimiento tácito y está muy relacionada con el "aprendiendo haciendo". Cuando las experiencias son internalizadas en la base de conocimiento tácito de los individuos a través de la socialización, la exteriorización y la combinación, en la forma de modelos mentales compartidos y know-how técnico, se vuelven activos muy valiosos. Para que el conocimiento explícito se vuelva tácito, es de gran ayuda que el conocimiento se verbalice o diame en documentos, manuales o historias orales. Además, los documentos o los manuales facilitan la transferencia de conocimiento explícito a otras personas, permitiendo que experimenten indirectamente las vivencias de otros, es decir, que las reexperimenten.

La tecnología de la información es útil para adquirir conocimiento instantáneo a través del

proceso de GC que mejora el desempeño organizacional [7].

OLMS se define como un entorno de aprendizaje en línea mejorado por la tecnología que tiene como objetivo resolver problemas administrativos, mantener todos los recursos en un solo lugar, proporcionar una mejor estructura de cursos, mostrar la mayoría de las características de las actividades en línea y es más independiente y flexible [8]. Un LMS típico debe proporcionar todas las funciones de la herramienta de comunicación para garantizar una comunicación y retroalimentación fáciles entre instructores y alumnos y también entre alumnos y compañeros [9].

Según [10] las características con la que deben de contar un buen LMS son:

TABLA 1  
CARACTERÍSTICAS DE UN LMS

Característica	Descripción
Desarrollo de contenido	El desarrollo de contenido es importante en el diseño de un curso. El curso deberá estar centrado en el estudiante. El enfoque centrado en el estudiante apoyará a los estudiantes y los motivará a aprender.
Áreas de discusión	La discusión aportará un elemento dinámico a la clase en línea. Será la clave para hacer del curso una experiencia interactiva. Las discusiones permitirán a los estudiantes comunicarse entre sí y con el instructor.
Participación grupal	LMS debe de permitir a los estudiantes trabajar juntos en grupos pequeños o grandes. Poder compartir documentos, chatear, enviar correos electrónicos y trabajar juntos en entornos sincrónicos y asincrónicos.
Calendario	Los instructores podrán publicar todas las fechas de vencimiento en el calendario. El calendario también podrá servir como organizador anticipado.

TABLA 1  
CARACTERÍSTICAS DE UN LMS

Característica	Descripción
Chat/Pizarra/Correo	Un instructor podrá incorporar el aprendizaje sincrónico a través de salas de chat y pizarras blancas. El instructor tendrá permitido hacer que diferentes estudiantes respondan preguntas e incluso publiquen preguntas en la sala de chat. El correo electrónico es un buen medio para que los grupos se comuniquen entre sí.
Herramientas de estudio para estudiantes	Tener guías de estudio disponibles permitirá ayudar a los estudiantes a revisar los materiales del curso.
Audio/Video	El texto sin formato en un curso en línea podrá resultar muy aburrido. Agregar audio y video a un curso permitirá minimizar el deslizamiento de los materiales.
Administración del sitio	El LMS debe proporcionar la máxima flexibilidad para respaldar las necesidades continuas tanto de los experimentados como de los principiantes defectuosos. La facilidad de uso tanto para profesores como para estudiantes es fundamental para el éxito de un curso en línea.

De acuerdo a la investigación realizada por [11] dónde realiza un diagnóstico general sobre las tareas en las diferentes fases del proceso, mediante entrevistas, encuestas y observaciones al personal que labora en las respectivas fases de una empresa del sector metalmecánico localizada en Bogotá, así como mediciones de las diferentes actividades que se realizan en el proceso. La investigación obtiene los resultados del diagnóstico evidencian que a nivel de gestión de conocimiento existen vacíos en algunas dimensiones, siendo el tema de registro y creación de conocimiento las que requieren mayor atención. Se propone sugerencias a implementar buscando mejorar la gestión de conocimiento en sus dimensiones con calificación baja como son la implementación de mapas conceptuales y aplicación de lecciones aprendidas.

Así mismo [12] implementó un procedimiento que mejore la documentación, el acceso y la diseminación de la información en una dependencia gubernamental en Hermosillo, Sonora. Se segmentó el procedimiento en cinco pasos: obtener y analizar la información, para después seleccionar indicadores y con estos proponer una solución, misma que una vez implementada, se evaluó para garantizar la mejora constante del proceso. Finalmente, se incluyó una última etapa donde se analizó la información resultante de la aplicación del procedimiento para detectar áreas de oportunidad de mejora que sean factibles de implementar en una siguiente iteración, lo que permitió crear un proceso gradual de mejora en la diseminación del conocimiento entre los trabajadores.

[13] presentan los beneficios y cómo las plataformas e-learning son más utilizadas en las industrias. Estos autores originarios de Indonesia diseñaron una plataforma e-learning que elimina el proceso de aprendizaje aburrido y ofreciendo a los nuevos operadores una experiencia dinámica de aprendizaje de la máquina de CNC. Hubo dos actividades principales en el desarrollo del aprendizaje electrónico para la actividad de proceso aburrido. La primera parte fue el proceso de conversión de conocimiento basado en el modelo SECI para identificar, analizar y estructurar todo el conocimiento tácito y explícito relacionado con la actividad aburrida. La segunda parte fue el proceso de desarrollo del software para diseñar el e-learning en base al requisito planteado por la empresa. El diseño del e-learning también consideró las etapas

del ciclo Bukowitz y William KM para mantener las funcionalidades del e-learning alineadas con el flujo del proceso del ciclo de KM.

### III. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un método apoyado por GC que permita estructurar, documentar, recuperar, y compartir el conocimiento, vivencias y experiencias, a través de un sistema versátil para dar apoyo al proceso de capacitación de nuevos programadores en el área de Aluminio del departamento de Maquinado, que servirá para obtener una mejor productividad en el equipo de trabajo reduciendo los tiempos de entrega.

### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El coordinador actualmente es el que da la capacitación a los nuevos programadores y, además, está a cargo del equipo que consta de cuatro programadores. El proceso de capacitación requiere de mucho tiempo y atención por parte del coordinador logrando que abandone sus otras actividades. El equipo de trabajo debe de entregar los programas realizados en un tiempo previamente fijo, pero al tener a nuevos programadores esto hace que el tiempo de entrega no se cumpla. La carencia de capacitación adecuada a los nuevos programadores en el área de Aluminio dificulta la entrega de los programas solicitados afectando negativamente la productividad del equipo de trabajo.

### V. MODELO

A continuación, se presenta el modelo basado en la GC para dar apoyo al proceso de capacitación de

nuevos programadores que servirá para obtener una mayor productividad en el equipo de trabajo reduciendo los tiempos de entrega.

La literatura relacionada a GC es muy amplia, para este trabajo se estudiaron tres modelos de gestión de conocimiento en el capítulo anterior, los cuales son trabajos de los autores [3], [6] y (Bukowitz y William, 2000). [3] organiza el conocimiento en forma de red semántica, en donde se puede acceder y recuperar utilizando múltiples rutas de entrada, [6] subrayan la necesidad de una especie de integración de los dos enfoques — tácito y explícito —, desde el punto de vista cultural, epistemológico y organizacional, y por último las autoras (Bukowitz y William, 2000) describen cómo las organizaciones generan, mantienen y despliegan un stock de conocimiento estratégicamente correcto para crear valor. Los modelos, a pesar de que se enfocan en la GC, cada uno de ellos es diferente al otro y es por eso por lo que se analizó cada modelo para conocer cuál se adapta a la problemática anteriormente planteada. Y es por ése motivo que el Modelo en Espiral del Conocimiento [6] es el que se selecciona para la creación del modelo de capacitación de esta investigación. Cabe aclarar que la GC fue uno de los temas que se estudiaron para desarrollar el modelo de capacitación (figura 4) presenta los temas y las relaciones de cada una de ellas para la creación del modelo de capacitación.



Fig. 4. Conceptos y sus relaciones para la creación del modelo.

Para llevar a cabo una estructuración adecuada para la la creación de la propuesta del modelo de esta investigación, se optó por analizar cuatro temas así como se muestra en la figura 2. Los temas tienen conexión con la investigación y cada tema tiene relación entre sí. La GC trabaja con el recurso humano en expertos de área y la Capacitación requiere del recurso humano como instructores y aprendices. Por otro lado, el tema de Capacitación involucra el concepto de aprendizaje al igual que el tema LMS, en donde se busca que se tenga un sistema de aprendizaje flexible para instructor como para estudiante. Como ha sido mencionado anteriormente, la Programación CNC requiere de un nivel de conocimiento en el área CNC y es por eso que este tema mantiene una relación con LMS, en donde el tema Programación CNC obtiene beneficio de adquisición de conocimiento con LMS. Y por último, la relación entre Programación CNC y GC se ubica en el concepto conocimiento al ser un punto crucial para los nuevos programadores CNC.

Al haber realizado el estudio de literatura se desarrollo un modelo de capacitación, el cual se presenta en la figura 2, el modelo tiene como soporte los fundamentos de la literatura y las experiencias de los estudios relacionados, pero sobretodo es basado en la metodología de [6] que permite estructurar, documentar, recuperar, y compartir el conocimiento, vivencias y experiencias.

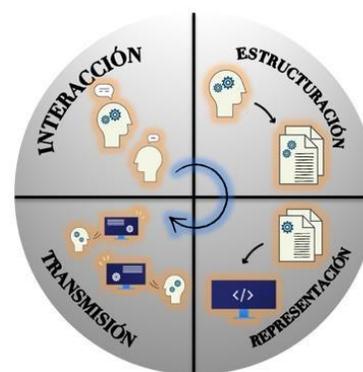


Fig. 5. Modelo propuesto.

El modelo propuesto (figura 5) se compone de cuatro fases:

1. Interacción
2. Estructuración
3. Representación
4. Transmisión

Estas fases presentan cómo se desarrollará la investigación y a continuación, serán descritas.

#### A. *Interacción*

Es aquí donde se da inicio al modelo y a pesar de que todas las etapas del modelo son importantes, es aquí en la primera fase cuando se tendrá la interacción cara a cara con aquellos miembros del equipo de trabajo que cuenten con experiencia en el área de Aluminio.

Se propone utilizar las siguientes técnicas:

##### 1) *Entrevistas estructuradas a expertos del área:*

La entrevista estructurada de expertos en la materia es la técnica más utilizada para convertir el conocimiento tácito clave de un individuo en formas más explícitas [4]. Se recomienda hacer uso del tipo de preguntas abiertas ya que, las preguntas abiertas tienden a ser amplias e imponen pocas limitaciones al experto. Las preguntas abiertas no van seguidas de

opciones, ya que están diseñadas para fomentar una respuesta libre [14].

2) *Observación del proceso de trabajo en el área:* El objetivo del uso de la técnica de observación es que, aunque sabemos que no se puede observar el conocimiento de alguien, lo que sí se puede observar es identificar la experiencia. La observación reflexiva es una práctica excelente para poder evaluar la eficiencia (¿qué tan bien estamos haciendo esto?). Y la efectividad (¿deberíamos estar haciendo esto o algo más?). De todas las actividades organizacionales, ya sean tareas operativas rutinarias. La clave es hacer uso de herramientas como audio o video para registrar lo que sabe el experto.

### B. Estructuración

El papel fundamental de la fase de estructuración de conocimiento es que permite organizar conocimiento para compartir y utilizar lo que se conoce colectivamente. El almacenamiento del conocimiento de los miembros del equipo del área de Aluminio se puede lograr a través de una variedad de herramientas como metáforas, mapas cognitivos, taxonomías del conocimiento y modelos.

Se propone utilizar las siguientes herramientas:

1) *Mapas Cognitivos:* Un mapa cognitivo o de conocimiento es una representación del "modelo mental" del conocimiento de una persona. El mapa cognitivo es una forma poderosa de codificar el conocimiento capturado porque también captura el contexto y las complejas interrelaciones entre los diferentes conceptos clave. El objetivo de los mapas

cognitivos o de conocimiento es estructurar mejor el conocimiento explícito y de este modo, almacenarlo en la memoria corporativa para su retención a largo plazo.

2) *Taxonomías del Conocimientos:* Una vez que se han identificado y capturado los conceptos clave que son necesarios para el entrenamiento de nuevos programadores, se pueden organizar en una jerarquía la información que es manejada por parte del coordinador del equipo, esto se denomina taxonomía de conocimiento estructural. Las taxonomías del conocimiento permiten que el conocimiento se represente gráficamente de tal manera que refleje la organización lógica de los conceptos dentro de un campo particular de especialización o para la organización en general.

### C. Representación

La tercera fase del modelo de capacitación tiene el objetivo de digitalizar el conocimiento que fue estructurado por los mapas cognitivos y las gráficas de taxonomía desarrollados en la etapa anterior. En esta etapa del modelo se recuerda la importancia de incrustar y archivar conocimiento en repositorios. [15] definen como "repositorio, depósito o archivo" a un sitio centralizado donde se almacena y mantiene la información digital, habitualmente en bases de datos o archivos informáticos.

1) *Documentos Digitales:* Se propone hacer uso de documentos digitales ya que estos archivos cuentan con la capacidad de ser registrados en un soporte de almacenamiento para su fácil identificación y recuperación. Sin importar el formato de la información: texto, imagen, sonido y audiovisuales.

Los documentos digitales podrán almacenar la información obtenida en las etapas anteriores; en las entrevistas dadas en la interacción con los miembros del equipo, así como también, en los mapas realizados en la segunda etapa del modelo de capacitación.

#### D. Transmisión

Por último, pero no menos importante, la cuarta fase del modelo de capacitación tiene la finalidad de difundir y sistematizar la información generada en las etapas anteriores. Esta sistematización será desarrollada con ayuda de las técnicas, herramientas y repositorios generados en las etapas anteriores. Para ello se propone realizar un sistema de información dinámico, sencillo de entender y capaz, de que los individuos del equipo del área de estudio continúen aplicando y trabajando los conocimientos que desarrollen a través de su labor.

## VI. RESULTADOS PARCIALES

Como ha sido mencionado anteriormente, esta investigación se encuentra en proceso por lo que a continuación, se explicará los resultados parciales que se tienen y los que se esperan obtener de la propuesta del modelo de capacitación.

#### A. Interacción

La técnica de entrevistas estructuradas fue dirigida al personal del equipo de programación, la finalidad de la actividad era obtener una buena comprensión del proceso de programación CNC del equipo de trabajo en el área de Aluminio en el departamento de Maquinado. Esta técnica fue fundamental porque es necesario conocer el estado actual en el cual los

individuos operan el proceso de programación. La entrevista fue aplicada a cada uno de los cinco integrantes del equipo de trabajo. La figura 6 presenta el proceso de programación CNC que siguen los programadores.



Fig. 6. Proceso de programación CNC en la organización.

Cada etapa conlleva una serie de actividades las cuales cada programador debe de realizar como parte del proceso de programación. A continuación, se describe las cuatro etapas:

1) Materia Prima. Es donde el coordinador de la mano con el Director de Ingenierías, realizan la compra o selección de la materia prima, que en este caso es Aluminio.

2) Diseño. Es la preparación de la programación en donde realizan el modelado de las operaciones que utilizarán en la pieza a diseñar y qué herramientas necesitarán implementar en el diseño de la misma.

3) Programación. Es el proceso de maquinado para el diseño de la pieza. El desempeño de la programación es independiente en cada programador. El proceso de maquinado esta dividido en subensambles los cuales son:

- Indus. Es entregado por el coordinador del equipo a los programadores con poca experiencia y esta compuesto por la pieza, la materia prima y las dimensiones. Su función es poder visualizar cómo debe de ser la pieza final.
- Fixture. Es el sostén entre la pieza y la máquina CNC.
- Construcción. Es todo lo necesario para la programación de la pieza y es basado en el plano de la pieza. Esta compuesto por las herramientas, operaciones, trayectorias de maquinado, estrategias de mecanizado, condiciones de corte, entre otros.

4) Fusion. Cuando la pieza pasa a la máquina CNC en planta para el desarrollo de la pieza física, se necesita llevar a cabo un control entre programadores CNC, operador de máquina CNC y otros departamentos. Es por eso que se utilizan Documentos de Taller (DA por sus siglas en francés, “*documents d’atelier*”), estos documentos son instrucciones de montaje del fixture así como también, pruebas que se realizan para medir las piezas.

Se aplicó la entrevista a los cinco integrantes del equipo de trabajo en donde las preguntas buscaban comprender cómo es el proceso de programación; qué herramientas utilizan para llevar a cabo su trabajo, qué tipos de repositorios utilizan, si hacen uso de documentación y si tienen comunicación con otros departamentos. Las preguntas también buscaron conocer qué tanto conocimiento tenía cada integrante y, sobretodo, conocer cómo obtuvieron dicho conocimiento.

La programación de la pieza es libre para el programador; de acuerdo con la experiencia de cada programador ellos pueden elegir qué estrategias, herramientas, trayectorias realizar en el maquinado. CATIA permite a los programadores visualizar las herramientas, cortadores —fresado, fresado toroidal,

TABLA 2  
TIPO DE DATOS

Tipo de Datos	Observación
Xls	Archivos excel de manera local.
Docx	Archivos locales.
Libros	Información sobre la herramienta de diseño CATIA.
Oral	Comunicación informal.
Compartidos	Archivos compartidos.
Correo	Para solicitar información con los otros departamentos involucrados y mantener comunicación con los operadores.

brocas, fresa de careado, rimas, entre otros—, las trayectorias de maquinado que desarrollan las cuales se programan con distintos colores para poder visualizar la diferencia entre las trayectorias, al igual que las estrategias de mecanizado. En la figura 7 se observan las trayectorias lineales indicadas con líneas verdes de un *Facemill* de 1.25 pulgadas, esta operación del mecanizado consiste en desbastar la mayor cantidad de materia prima.

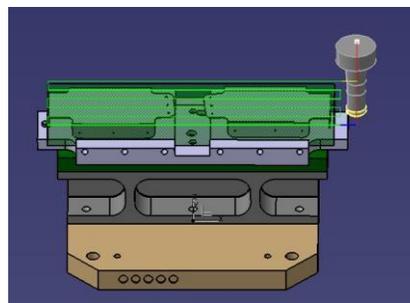


Fig. 7. Trayectorias lineales de mecanizado en CATIA.

Se conoce que se tiene una gran cantidad de valioso conocimiento tácito en el proceso de

programación CNC en la empresa del estudio, este supuesto fue confirmado en las entrevistas realizadas, además se determinaron las diferentes maneras en las que se encuentra el conocimiento en el equipo de programación y fueron agrupadas en la tabla 2.

En la tabla 2 se agrupan las distintas respuestas obtenidas en la entrevista, así como una descripción de su funcionalidad. Se puede observar que el equipo de programadores mantiene comunicación entre ellos a lo largo de sus actividades.

### B. Estructuración

Al haber observado el proceso de programación CNC y el modo de trabajo de los programadores del equipo de aluminio, se procederá a conocer más sobre las actividades clave para los programadores en el proceso de programación.

En las entrevistas se realizó la pregunta “¿cuál es la actividad más importante del proceso de programación?” a lo que los programadores respondieron que la etapa de Modelado de Operaciones. La figura 8 presenta la actividad de Modelado de Operaciones encontrada en la etapa de diseño de piezas en el proceso de programación CNC. Es en esta fase en donde el coordinador invierte mucho tiempo y concentración para poder asignar una pieza a un programador. De acuerdo con las entrevistas que se realizaron al coordinador del equipo de programadores CNC se conoció que para poder llevar a cabo una buena programación de piezas se debe de hacer un buen modelado, o como también es conocido, industrialización.



Fig. 8. Modelado de Operaciones.

Para realizar un Modelado de Operaciones primeramente el coordinador debe de conocer cómo será la pieza por programar de acuerdo con la solicitud del cliente, ya que las piezas cuentan con puntos críticos, los cuales son las Tolerancias Geométricas. Las Tolerancias Geométricas indican cuales son los puntos clave para el ensamblado del siguiente componente de la pieza, es por eso por lo que el programador debe de respetar los puntos críticos que indican las Tolerancias Geométricas. El coordinador necesita asegurar esos puntos críticos y lo realiza estructurando las operaciones que utilizará en la programación de la pieza, así como también, las herramientas que serán necesarias para asegurar los puntos críticos. Las herramientas requieren un buen análisis ya que el coordinador necesita estudiar si la herramienta debe de pasar por una prueba o debe de ser calibrada. Por lo anterior, es considerado de vital importancia el modelado de la pieza porque es una explicación de qué camino debe seguir el programador y cuales serán sus herramientas.

### C. Representación

El avance que se tiene en la investigación con las entrevistas, la estructuración de conocimiento y el análisis realizado permite a esta investigación continuar a la tercera fase del modelo de capacitación. En esta fase se hará la creación de

repositorios con la información obtenida de las fases anteriores del modelo de capacitación.

Sin embargo, en la primera fase del modelo se obtuvo que el equipo de programadores cuenta con repositorios en distintos formatos y que son utilizados a lo largo del desarrollo de su trabajo, por lo que no fue necesario la creación de nuevos documentos o la implementación de una base de datos.

#### *D. Transmisión*

Después de haber realizado entrevistas al equipo de programadores para conocer el proceso que deben de seguir para realizar la programación de una pieza y haber documentado las actividades clave del proceso, se iniciará la creación del sistema que será de apoyo a la capacitación de los nuevos programadores CNC. Para ello se utilizará lo obtenido por las técnicas, herramientas y repositorios generados en las fases anteriores. El objetivo de la cuarta fase del modelo de capacitación es realizar un sistema de información dinámico, sencillo de entender y capaz, de que los individuos del equipo del área de estudio continúen aplicando y trabajando los conocimientos que desarrollen a través de su labor.

Para la decisión de qué herramienta se utilizaría para la creación de un sistema de información dinámico se optó por elegir un sistema de gestión de aprendizaje (LMS) ya que se ha demostrado LMS que automatiza la administración, el seguimiento y la generación de informes de eventos de formación. LMS tiene dos objetivos principales que son hacer que el aprendizaje sea más independiente y hacer

posible que los usuarios de LMS puedan registrar, guardar, administrar, publicar el aprendizaje a través de la web e imprimir documentos disponibles a través del LMS [16].

Se realizó un análisis de las plataformas e-learning más populares en la red. Plataformas como Atutor, Claroline, Dokeos, Ilias, Moodle y Sakai fueron las más mencionadas por otros investigadores en internet. De acuerdo a la investigación realizada por [9] encontraron que Moodle y ATutor tienen las mejores herramientas de comunicación con una interfaz fácil de usar. La información es fácilmente accesible en las páginas web de Moodle y ATutor, Ilias también hace que la información esté disponible para clientes potenciales. Claroline y Sakai son LMS con páginas web complejas que dificultan la obtención de información. Por ese motivo, se tomó la decisión de elegir a Moodle como herramienta de LMS para esta investigación.

Se realizó la instalación de Moodle acompañado de MariaDB para el almacenamiento de los datos. El entorno de trabajo fue en un servidor virtual conectado a un servidor que la empresa tiene en físico en Francia. Después de haber realizado la configuración de usuarios y permisos se creó una estructuración de cursos el cuál está enfocado al proceso de programación CNC que el equipo actualmente trabaja. Se decidió crear una estructura que tuviera conexión directa con las etapas que están involucradas en el proceso de programación CNC (figura 9). Los cursos serán identificados como módulos y cada uno de ellos tendrá a un programador responsable para la creación de contenido. Además,

dentro de los módulos existentes de ellos que se enfocarán para el entrenamiento de nuevos programadores. Uno de ellos es “Introducción a CATIA V5” el cuál será contenido básico del software de diseño CATIA.

Como ha sido mencionado anteriormente la investigación continúa en proceso y es por ese motivo por el cuál aún no se tiene el análisis completo de la interacción de la plataforma con el equipo de programadores. Sin embargo, se cuenta con los primeros comentarios sobre la herramienta Moodle, desde “Es fácil de utilizar”, “Tiene un diseño muy agradable” y “Los recursos con los que cuenta son muy apropiados”.

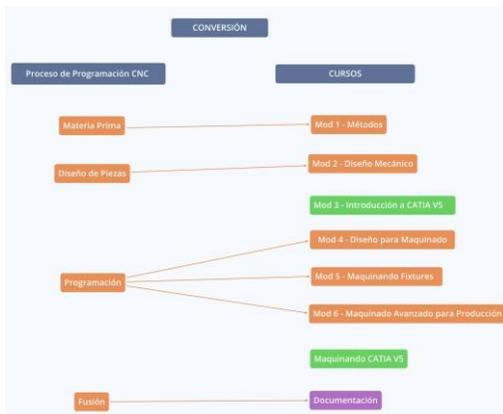


Fig. 9. Conversión del proceso de programación CNC a Cursos.

## VII. CONCLUSIÓN

De acuerdo con lo estudiado en la literatura, se conoce la importancia de compartir a las organizaciones los beneficios que obtendrían al utilizar el proceso de capacitación y el uso de servicios de TI. La Gestión de Conocimiento y sus estrategias han demostrado que pueden adaptarse a cualquier tipo industria y es por eso por lo que, son muchas las ventajas que se obtienen al trabajar con

esta área de investigación.

Este documento presenta el avance que se ha obtenido en la investigación, en donde se conoce que la industria aeroespacial a pesar de contar con una enorme capacidad de tecnologías también requiere del apoyo y la orientación de la Gestión del Conocimiento, además la investigación continúa en proceso por lo cuál los resultados aún continúan analizándose. Este proyecto en desarrollo tiene como objetivo diseñar e implementar un método apoyado por Gestión del Conocimiento que permita estructurar, documentar, recuperar, y compartir el conocimiento, vivencias y experiencias, a través de un sistema versátil para dar apoyo al proceso de capacitación de nuevos programadores en el área de Aluminio del departamento de Maquinado.

Se espera que la implementación como solución de este modelo basado en la Gestión del Conocimiento y las buenas prácticas creará una mejor interacción entre los individuos actuales en el equipo de trabajo, así como también, a los que están por ingresar y sobretodo, se almacenará el conocimiento y experiencias valiosas de los miembros logrando que el equipo presente una mejor productividad.

Por último, se espera eliminar la dependencia de conocimiento entre programadores creando un sistema versátil haciendo uso de una herramienta LMS dónde se logren observar las técnicas que se utilizan en el área de trabajo para beneficio del equipo de programadores en tiempo de entrega de trabajos así como también en el crecimiento profesional de cada programador.

## RECONOCIMIENTO

Ana K. Ochoa Madrid agradecimientos del autor, a los Investigadores Dr. Mario Barceló-Valenzuela, Dr. Alonso Pérez Soltero y haciendo una mención especial al Dr. Guzmán Gerardo Alfonso Sánchez-Schmitz por ser el director de esta investigación y haber guiado con sus conocimientos. A la empresa aeroespacial y a los responsables del departamento de Maquinado por permitir la realización de la investigación en dicha empresa.

## REFERENCES

- [1] S. C. Feng, W. Z. Bernstein, T. Hedberg, y A. Barnard Feeney, "Toward Knowledge Management for Smart Manufacturing", *J. Comput. Inf. Sci. Eng.*, vol. 17, núm. 3, 2017.
- [2] S. Gupta, "K Knowledge Management and Performance", vol. 13, núm. 10, pp. 2517–2523, 2018.
- [3] K. M. Wiig, *Knowledge Management Foundations*. 1993.
- [4] K. Dalkir, *Knowledge management in theory and practice*. The MIT Press, 2017.
- [5] I. Nonaka y H. Takeuchi, "598 Book Reviews", *Oxford Univ. Press*, pp. 598–600, 1997.
- [6] I. Nonaka y H. Takeuchi, "La organización creadora de Conocimiento", núm. 199, pp. 101–102, 1999.
- [7] N. Ahmad, M. S. Lodhi, K. Zaman, y I. Naseem, "Knowledge Management: a Gateway for Organizational Performance", *J. Knowl. Econ.*, vol. 8, núm. 3, pp. 859–876, 2017.
- [8] M. Ivanović, Z. Putnik, Ž. Komlenov, T. Welzer, M. Hölbl, y T. Schweighofer, "Usability and privacy aspects of moodle: Students' and teachers' perspective", *Inform.*, vol. 37, núm. 3, pp. 221–230, 2013.
- [9] N. Cavus y T. Zabadi, "A Comparison of Open Source Learning Management Systems", *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 143, pp. 521–526, 2014.
- [10] B. Lewis *et al.*, "Learning Management Systems Comparison", *Proc. 2005 InSITE Conf.*, 2005.
- [11] L. H. López Parra, "Rol de las herramientas lean y la Gestión del Conocimiento en el proceso de mejora de manufactura de moldes en una empresa del sector metalmecánico", *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, núm. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [12] R. Limón Badilla, "Un procedimiento para implementar las mejores prácticas para la gestión de documentación y transferencia del conocimiento en una dependencia del Gobierno Federal", 2019.
- [13] D. Dindana, F. Muhammad, A. Kurniawati, y M. T. Kurniawan, "E-learning for a Boring Process at an Aerospace Industry Company", *2020 IEEE 7th Int. Conf. Ind. Eng. Appl. ICIEA 2020*, pp. 256–260, 2020.
- [14] A. N. Oppenheim, *Questionnaire Design, Interviewing And Attitude Measurement*. 1997.
- [15] L. E. Cano Rivera, E. P. Espitia Zambrano, y N. J. Pérez Castillo, "Integración de Repositorios Digitales para la Gestión del Conocimiento en el ámbito universitario Colombiano", *Ingeniería*, vol. 14, núm. 1, pp. 59–70, 2009.
- [16] M. Kurniawan, "Penggunaan Modle 'Flearn' sebagai Learning Management System (LMS) di Universitas Kristen Satya Wacana", pp. 677–686, 2016.

**Biografía Autor(es)**

Dr. Sánchez, profesor asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora. Él ha realizado las publicaciones de artículos como "A Methodological Proposal to Manage Knowledge in the Organization of School Events", "Knowledge Transfer in Training Processes: Towards an Integrative Evaluation Model", "Una Estrategia para la Documentación de Lecciones Aprendidas y

Buenas Prácticas en Empresa de Desarrollo de Software”, entre otros.



Dr. Barceló, profesor asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora. Él

ha realizado las publicaciones de artículos como “A Methodological Proposal to Manage Knowledge in the Organization of School Events”, “Knowledge Transfer in Training Processes: Towards an Integrative Evaluation Model”, “La Gestión del Conocimiento como Apoyo para la Identificación e Incorporación de Expertos en Seguridad Integral en Entornos Escolares”, entre otros.



Dr. Pérez, profesor asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora. Él

ha realizado las publicaciones de artículos como “Lineamientos para la Administración del Conocimiento en los Programas de Derecho y de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad de Manizales”, “A Methodological Proposal to Manage Knowledge in the Organization of School Events”, “El Uso de Bibliotecas Documentadas y Taxonomías como Herramientas de Gestión del Conocimiento en la Organización de Eventos Escolares”, entre otros.



Ing. Ochoa, alumna de posgrado, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora.

Ella ha realizado la publicación del artículo “Modelo de Adiestramiento basado en la Gestión del Conocimiento a Desarrolladores CNC en una Organización Aeroespacial”.