


UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA

FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Jheison Javier	
Apellido (s):	Garzón Pineda	
Código:	20122375064	
E-mail:	Jheison.trabajo@gmail.com	
Teléfono fijo:	567 46 83	
Celular:	313 286 6382	

Ejecutor 2

Nombre (s):	
Apellido (s):	
Código:	
E-mail:	
Teléfono fijo:	
Celular:	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	Modelado en un entorno virtual de la celda de manufactura SMC- FMS - 200	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	X
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:	Tesis para optar a título ingeniero	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:	DISING	
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:		

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. John Alejandro Forero Casallas
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

Contenido

1. Planteamiento del problema	2
1.1 Estado del arte	3
• Development of CAM system based on industrial robotic servo controller without using robot language[1].....	3
• Development of a CAD Based Platform for Scorbot-ER Vu Industrial Robot Manipulator[2].....	4
• Implementation and testing of a CAM postprocessor for an industrial redundant workcell with evaluation of several fuzzified Redundancy Resolution Schemes[3]	5
1.2 Justificación.....	6
2. Objetivos.....	8
2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos específicos	8
3. Marco Teórico	9
4. Metodología.....	12
4.1 Fase 1. Conceptualización y especificación del proyecto	12
4.2 Fase 2. Modelamiento de sistemas y elementos.	13
4.3 Fase 3. Implementación de sistemas y elementos en conjunto en ambiente virtual.	13
4.4 Fase 4. Documentación y entrega del proyecto.....	14
5. Cronograma	15
6. Presupuesto	16
7. Bibliografía	17

1. Planteamiento del problema

La Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas adquirió para su proceso de enseñanza de los proyectos curriculares de ingeniería industrial e ingeniería mecánica un Sistema de ensamblaje flexible (celda de manufactura) SMC - FMS -200® el cual es un equipo didáctico para capacitación integral en automatización industrial desarrollado por medio de módulos o estaciones flexibles.

El objetivo de la Universidad de invertir en este tipo de tecnología es lograr tener una herramienta que permita introducir a los estudiantes en un ambiente industrial dentro de la Universidad similar al que encontrarán en las empresas en el futuro cuando estén en su vida laboral. Aunque la Universidad ya cuente con este equipo, resulta complicado tenerlo disponible todo el tiempo para todos los grupos que quieran desarrollar prácticas en él, de acuerdo a las diferentes asignaturas que están enfocadas hacia este campo. Todo esto sin tener en cuenta que la tecnología con que cuenta la celda de manufactura es de alto costo y cuidado, lo que restringe más su uso a grupos con mayor madurez y capacidad profesional que presten el adecuado uso a los equipos donde se encuentran sistemas de tipo neumático, hidráulico, sensorica, robótica, plc's, etc.

La Universidad de igual manera cuenta con licencias para trabajo con paquetes de software CAD/CAM/CAE como los es Siemens PLM Software que permiten desarrollar proyectos en simulación virtual con diferentes enfoques de acuerdo a las necesidades o problemas a solucionar desde el punto de vista de la ingeniería, dentro de los cuales se encuentra la opción de diseño de producto, por medio de modelado paramétrico o análisis de ingeniería, bien sea a nivel estático, dinámico, electromagnético etc. e inclusive manufactura digital.

El uso de estas herramientas virtuales ha facilitado el trabajo no solamente a nivel educativo sino industrial, al poder adelantarse a problemas o inconvenientes que siendo controlados desde un ambiente virtual proporciona la ventaja de perder recursos económicos y de tiempo sin ser necesario. Tal es el caso que hoy se presenta en la Universidad al querer utilizar estas tecnologías combinadas (Celda manufactura y Sistemas de simulación CAD/CAM/CAE) donde se genera la posibilidad de contar con un sistema de simulación virtual de la célula de manufactura.

El proyecto planteado se encamina a desarrollar las estaciones de la celda de manufactura dentro de un ambiente virtual 3D que permita identificar cada uno de los elementos disponibles para uso de la misma donde se permita en un futuro desarrollar un ambiente que simule las características de funcionamiento de la celda y las limitaciones físicas que se presenten para desarrollo de trabajos. El proyecto que se enfocará al desarrollo de la celda de manufactura para simulación en ambiente virtual, deberá transcurrir entre los meses de abril y septiembre del 2015.

De allí el planteamiento de la inquietud ¿es posible virtualizar en un ambiente 3D la celda de manufactura adquirida por la Universidad, que permita trabajar e identificar los elementos que la componen y simular el uso de las diferentes estaciones para que algunos alumnos estén familiarizándose con la simulación mientras otros practican con el equipo físico?

1.1 Estado del arte

En este documento se presenta inicialmente una serie de información relevante encontrada en la bibliografía disponible con trabajos desarrollados en entornos similares que se busca desarrollar con el proyecto, dando una introducción y una descripción de los modelos utilizados y los resultados obtenidos.

Es así como se puede encontrar el interés de diferentes ramas o grupos de trabajo bien sea desde la academia, la industrial privada y pública que han encontrado en el desarrollo y simulación de sistemas para la manufactura una herramienta eficaz y eficiente que contribuye a la minimización de costos por desarrollo, programación e inversión en tiempo y recurso humano al prever posibles fallas o identificar soluciones alternas a un problema específico sobre una interfaz virtual antes de interactuar con el equipo físico.

En la bibliografía encontrada se puede ver que el gran interés por este método de trabajo y la necesidad de poder simular con más detalle cada proceso y elemento dentro del sistema en cuestión, buscando dejar de lado al máximo la mayoría de incertidumbres en el proceso, para esto es importante tener lo más detallado y claro el sistema en el cual se esté trabajando dentro del modelo en 3D (CAD) lo que permitirá tener una base sólida para intervenir desde otras plataformas el modelo y evolucionarlo hasta un punto cercano al tiempo real (CAM / CAE).

- **Development of CAM system based on industrial robotic servo controller without using robot language[1]**

Resumen: describe el desarrollo de un sistema CAM para un robot industrial RV1A® para control de sus sistemas servo, encargados de dirigir y permitir el movimiento del robot. El sistema desarrollado al ser dirigido al control de servo termina siendo útil al momento de querer utilizarlo con otros robots con similares condiciones. El sistema desarrollado bajo una interfaz CAD /CAM permite una comunicación directa entre el entorno virtual y el robot industrial lo cual no es tan conocido como sí lo son los sistema de Control Numérico que se encuentran claramente identificados en las industrias manufactureras.

El objetivo del proyecto es calcular la posición y orientación deseada del robot para el sistema servo en tiempo discreto, se tiene como tarea lograr que el robot realice un trabajo de lijado de una superficie compleja. En un proceso normal de desarrollo y aprendizaje para el robot se debe indicar los caminos y puntos por los que se debe desplazar el robot utilizando sistemas de aprendizaje complejos y esto lleva tiempo y destreza del programador para lograr un trabajo efectivo. En el caso propuesto de desarrollo interfaz CAD/CAM y brazo industrial se propone tener un pieza a lijar que fue previamente fabricada por un sistema CNC donde al tener una base CAD del modelo en el que trabajará el brazo se hace más sencillo simular y procesar el trabajo que debe desarrollar el robot con el sistema CAM propuesto.

El sistema del brazo para realizar la tarea de lijado requiere para ser controlado con precisión una serie de datos de localización de corte (datos CL) que consiste en datos de localización y orientación. Una pieza de trabajo con superficie curva por lo general está diseñada por un sistema CAD /CAM 3D por lo que los datos CL se pueden calcular fácilmente desde el procesador principal. Estos datos consisten en puntos relacionados a los largo de la superficie del modelo dado por una trayectoria den zigzag, usando esta información se puede calcular y determinar los vectores que seguirá como ruta el robot.

Para lograr la comunicación del robot con el sistema desarrollo se tiene como controlador un PC con Windows® y el RV1A® conectados a través de Ethernet. La tasa de procesamiento del brazo para fijación de los vectores de posición y orientación enviados por el PC se fijó en 10.0ms.

Conclusiones y resultados: Se logró eficientemente desarrollar un sistema CAM para un robot industrial RV1A® con herramientas de diseño CAD/CAM para lograr realizar tareas programadas y evaluadas previamente en un entorno virtual sin utilizar ningún tipo de guía para enseñanza o lenguaje de robot. El proyecto se realizó como un sistema integrado principalmente entre el procesador convencional de un CAD/CAM, el sistema de control servo y la cinemática del robot. Los resultados experimentales y la estructura base del sistema mostraron la eficacia del proceso en un sistema de múltiples ejes a través de una trayectoria de control de datos CL que costa de un aposición y orientación.

- **Development of a CAD Based Platform for Scorbot-ER Vu Industrial Robot Manipulator[2]**

Resumen: Se requieren robots para actividades en diferentes condiciones ambientales de trabajo donde se controlen las interacciones con el espacio de físico. Durante la etapa de diseño se debe validar el mismo en las diferentes condiciones de trabajo, normalmente para esto se desarrollan prototipos físicos que pueden llegar a ser costosos y el tiempo requerido puede ser considerable. El concepto de prototipos virtuales dinámicos para los robots usado en la etapa de diseño se presenta como una gran alternativa para validación, sin tener que realizar pruebas físicas, y con las herramientas presentes hoy en día para simular sistemas mecánicos, como sistemas multi-cuerpo con restricciones que simulen las interacciones del movimiento relativo entre ellos. En el proyecto desarrollado se presenta la aplicación de prototipos virtuales utilizando CAD para un robot Scorbot-EV®. Inicialmente el modelo paramétrico del robot es realizado en Pro/Engineer® (Pro E®), Pro/Mechanical® fue utilizado para la simulación dinámica y del espacio de trabajo.

Los prototipos virtuales son una herramienta de gran versatilidad que permiten analizar, examinar, manipular, validar y poner en prueba la forma, los ajustes el movimiento y los factores humanos del diseño conceptual en la interfaz del computador. También es importante que un prototipo virtual se puede modificar fácilmente y realizar en un lapso de tiempo corto, donde el diseñador puede considerar al tiempo diferentes etapas del proceso permitiendo que sean consideradas diferentes variables y realizar modificaciones según sea al caso. Todo esto teniendo en cuenta que pueden ser reemplazados por prototipos físicos costosos y con la posibilidad de omitir errores que son más fácil de controlar en un ambiente virtual.

El modelado del robot y sus diferentes características se desarrolla en Pro E®, siendo una herramienta de modelado paramétrico donde el diseñador puede establecer los parámetros para determinar el tamaño de las geometrías y puede remodelar con facilidad cambiando los parámetros. Con la simulación dentro del proceso de diseño para conseguir el análisis de los elementos en ejecución se incrementa la posibilidad de usar la simulación robótica para crear aplicaciones incrustadas en el robot sin depender del equipo físicamente comprendiendo sus limitaciones por movimiento.

El robot modelado es el Scorbot-EV Vu Industrial Robot®, para el trabajo realizado se analiza el equipo y se encuentran 5 grados de libertad que permiten el desplazamiento y ubicación arbitrariamente del manipulador. Cada una de las juntas tiene posibilidad de tener movimiento giratorio, se analizan las limitaciones de cada parte con relación a su eje. Se modela cada parte en el prototipo virtual que restrinja o limite el movimiento por medio de las juntas buscando en el espacio de trabajo el volumen ocupado, el desplazamiento, las fuerzas y aceleración de cada junta.

Una vez culminado el modelo se realiza un análisis cinemático para predecir las limitaciones y posibilidades del robot antes de ser fabricado.

Conclusiones y resultados: el sistema desarrollado para simulación virtual del brazo robótico es una alternativa para el proceso de aprendizaje al combinar la información sobre el robot en el software, permitiendo observar y detectar posibles colisiones entre las partes y su entorno e identificar las limitaciones del diseño sin incurrir en los costos de fabricación de un producto con una falla de diseño.

- **Implementation and testing of a CAM postprocessor for an industrial redundant workcell with evaluation of several fuzzified Redundancy Resolution Schemes[3]**

Resumen: el trabajo realizado es la implementación de un post-procesador que adapta la trayectoria por un sistema CAM (NX) a una célula de trabajo de ocho articulaciones (KUKA KR15/2® manipulador montado en un pista lineal y sincronizado con una mesa giratoria), dedicada a la creación de prototipado rápido de productos definidos en CAD 3D. Para configuración del post-procesador se analizan previamente varios sistemas de resolución de redundancia, que tratan las juntas adicionales y también la redundancia debida a la simetría de la herramienta de fresado.

Con el uso del CAM donde se planean las trayectorias de corte fuera de línea como herramientas de un conjunto discreto de planeación se tiene en cuenta cinco parámetros para llevar a cabo la tarea de fresado (tres parámetros de ubicación y dos coordenadas de ubicación de la cuchilla que se referencian a un plano cartesiano) siendo estos obligatorios sin embargo este debe ser adaptado desde el sistema de CAM al sistema de producción que se vaya a utilizar.

En el instituto de diseño y fabricación (IDF), en la Universidad de Valencia (UPV), una célula de trabajo de esculturas redundante se configura para probar los métodos de molienda para la creación rápida de prototipos.

El modelo cinemático es la descripción necesaria para controlar de manera efectiva la posición y la postura de los elementos de los equipos para que el actuador final logre y cumpla con la tarea propuesta, para esto se determinan e identifican cada uno de los elementos con sus respectivos grados de libertad que determinarán y limitarán las posibilidades de su movimiento.

En el desarrollo del proyecto se usa de la plataforma NX de Siemens®, el cual desarrolla productos digitales que integra y asocia totalmente los trabajos de diseño CAD, simulación CAE y fabricación CAM. El módulo CAM hace posible la planificación de tareas de fresado, pero también permite interactuar con códigos de programa en TCL (Toll Command Language) conectado con módulos de C++ que manipulan los datos de la trayectoria, controlando los eventos. También enlaza el archivo de salida con los datos del programa Matlab® y lógica difusa.

Conclusiones: el trabajo se centró en el post-procesamiento de la información generada por el sistema NX-CAM® hacia la unidad de control KUKA® en una célula de trabajo compleja dedicada a trabajo de fresado. Se valida cada una de las partes del brazo desde su perspectiva cinemática, determinando el rendimiento para la aplicación CAM y la redundancia funcional considerando las diferentes juntas y los ejes de simetría.

En el diseño de las tareas de auto-movimiento, para evitar posturas equivocadas en el espacio o colisiones, se utiliza el número de condición Jacobiana homogénea dando mejores resultados que otros índices de rendimiento.

El post-procesador implementado ha sido probado con eficacia con la simulación gráfica de un mecanizado exigente.

1.2 Justificación

El trabajo de simulación y/o virtualización de equipos industriales no solo se ha presentado para celdas de manufactura, sino que se puede encontrar desde plataformas de trabajo individuales como brazos robóticos hasta líneas de proceso de transformación y ensamblaje de productos en los que anticiparse a las limitaciones físicas o espaciales es fundamental a la hora de tomar decisiones y proceder con un programa específico de acuerdo a la necesidad atender.

Este proyecto busca crear un ambiente virtual por medio de programación computacional la celda de manufactura SMC FMS-200® adquirida por la Universidad por medio de algún software de análisis donde se pueda apreciar con facilidad las limitaciones o restricciones de desplazamiento y

acción de las estaciones que conforman la celda. Esto para reducir los riesgos de colisiones o malos hábitos de operación analizados previamente.

El estado del arte muestra la necesidad de poder entender el funcionamiento de cada una de las partes que conforma el dispositivo o máquina en el que se esté trabajando para conseguir trabajar en un ambiente virtual y de simulación en tiempo real con mayor facilidad y en algún momento poder controlar cada una de las posibles variables que den funcionamiento a los elementos como lo es la posición, velocidad, aceleración y comportamiento de acuerdo a otros componentes analizando sus grados de libertad.

En los diferentes desarrollos encontrados se puede apreciar desde la modelación del sistema en un entorno virtual 3D de elementos rígidos, donde se puede entender las limitaciones físicas del elemento a trabajar, seguido de las restricciones de movimiento, rotación y desplazamiento de las partes, donde se evidencie las interacciones de los elementos entre si y su entorno, hasta el análisis cinemático del conjunto en general para el desarrollo de tareas específicas involucrando diferentes tipos de recursos computacionales.

Contar con una plataforma virtual es de gran ayuda a la hora de reducir tiempos de pruebas para análisis y simulación al maximizar el trabajo sobre la celda de manufactura física, ya que permite, en el caso de la Universidad, trabajar desde diferentes frentes o grupos con desarrollo de proyectos por separado al mismo tiempo, en el entorno de simulación, mientras que otro grupo puede estar trabajando en la plataforma física sin tener que esperar a que la misma se encuentre disponible. Esto facilita el trabajo de los docentes quienes sin tener que estar a la espera de un turno para acceso al laboratorio pueden avanzar en la identificación de estaciones con sus respectivas partes en los análisis de movimientos y limitaciones físicas y espaciales desde el ambiente virtual. Adicionalmente contar con este recurso hace posible que el tiempo de vida de la celda se extienda debido a que la cantidad de errores por manipulación en la omisión de conocimiento sobre la celda de manufactura se verán disminuidos, ya que a la hora de trabajar directamente sobre ésta se debe tener un panorama más claro de sus diferentes estaciones y las limitaciones de cada una.

Finalmente el proyecto se convertirá en una herramienta que será el inicio en la búsqueda por desplegar nuevas formas de control de la celda de manufactura disponible en un ambiente virtual y la comunicación directa entre el software de simulación y el hardware de aplicación.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Modelado en un entorno virtual de la celda de manufactura SMC- FMS -200

2.2 Objetivos específicos

1. Recopilar toda la información disponible sobre la celda de manufactura con relación a sus estaciones de trabajo
2. Identificar el principio de funcionamiento de cada estación de acuerdo a los componentes y mecanismos que la conforman.
3. Realizar levantamiento físico de planos y esquemas asociado a cada estación para su modelado.
4. Modelar en entorno virtual cada estación de trabajo con subsistemas.
5. Realizar ensamble y generar restricciones de movimiento de acuerdo a las limitaciones físicas entre componentes.
6. Realizar simulación básica de funcionamiento para una de las estaciones de la celda.

3. Marco Teórico

En la industria actual se encuentra con gran desarrollo las tecnologías que desde la simplificación y optimización buscan elevar los estándares de calidad y controlar de forma más eficientes los procesos tanto de diseño como de manufactura para este fin y con apoyo de la academia han utilizado como herramienta de formación profesional diferentes soluciones de aplicación de conocimiento como los son las celdas de factura didácticas y los sistemas asistidos por computador CAD/CAM/CAE.

Diseño asistido por computador (CAD)

Se conoce como el uso de programas, para usos de aplicaciones específicas computacionales, donde se crean representaciones gráficas de objetos en dos o tres dimensiones, este es ampliamente utilizado para animaciones, publicidad y productos de diferentes industrias. Este tipo de software realiza cálculos con los cuales se llega a determinar formas y tamaños para gran variedad de productos.

Con relación al diseño de objetos por computadora se presenta grandes ventajas dentro de un ambiente virtual que permite la interacción y facilidad al momento de construir un modelo y permitir modificar el mismo para lograr definir sus características geométricas y físicas, que en la mayoría de software se consigue con un sistema parametrizado, donde al final del proceso se puede llegar a adquirir de manera sencilla vistas, detalles y secciones para posterior fabricación o interacción con otros sistemas.

Los software CAD son principalmente utilizados para la creación de modelos de superficies o sólidos en 3D, aunque no se debe dejar de lado la opción de realizar modelos de componentes basados en vectores plasmados en 2D, todo esto usando el diseño conceptual de ingeniería desde el análisis de fuerzas y sistemas dinámicos de ensambles donde se puede incluir los métodos de manufactura.

La facilidad que presenta este tipo de tecnología es acogida y utilizada por diferentes campos como lo son la arquitectura, ingenierías civiles, mecánicas y diseñadores industriales.

En el uso de sistemas basados en CAD se encuentran beneficios que incluyen menores costos en desarrollo, mejora en la calidad del producto, aumento en la productividad. También se tiene la posibilidad de visualizar los productos finales, sub-ensambles parciales y componentes previendo problemas y agilizando el proceso de diseño. No se puede quitar del medio el hecho de tener una mayor exactitud de las formas enlazada a la reducción de errores.[4]

Fabricación asistida por computador (CAM)

Con el uso de sistemas computacionales en aplicaciones de software de control numérico (NC) para crear instrucciones detalladas que guían las máquinas herramientas para manufactura de partes controladas numéricamente por computador (CNC). De acuerdo a las capacidades del CAM los fabricantes en las industrias pueden producir partes de alta calidad.

También hace referencia al uso de sistemas controlados por computador para diseñar y controlar la fabricación industrial de partes con la mayor eficiencia en el proceso a través de la automatización.

En el uso de estos modelos CAM se pueden incluir diferentes beneficios como la posibilidad de maximizar el uso de equipamientos de producción que incluye máquinas de alta velocidad, 5 ejes, máquinas multifuncionales y de torneado, maquinado de descarga eléctrica EDM e inspección de equipos CMM.

Estos sistemas pueden ayudar con la creación, verificación y optimización de programas NC con una óptima productividad de maquinado, facilitando también la posibilidad de crear documentación para producción.[5]

Ingeniería asistida por Computador (CAE)

Se trata cuando se desea simular y analizar diseños de ingeniería a partir de un ordenador o creados como prototipos o maquetas e introducidos al computador para evaluar sus características, propiedades y viabilidad generando una optimización en su desarrollo que permita tomar la mejor decisión desde ambientes y variables controladas, esto contribuye con la reducción en los costos de fabricación y optimizar las pruebas de validación a realizar para lograr un producto esperado.

En los sistemas CAE se presentan por lo general como módulos complementarios o extensiones de los aplicativos CAD, donde se tiene análisis por elementos finitos (FEM), Simulación de programas CNC o análisis de cinemática.

Con los sistemas CAE se puede lograr redefinir el producto de acuerdo a los resultados y análisis realizados desde las características de los materiales, elementos auxiliares y conocimientos teóricos. Para conseguir una aplicación correcta de CAE sobre un producto se debe tener presente las relaciones entre Software y Hardware utilizados en el análisis. [4]

Celdas de Manufactura

Nace como un concepto de organización y clasificación de las instalaciones de producción en celdas de manufactura, esto al querer aprovechar las similitudes en diseño con relación a la producción y los pasos de procesamiento que son equivalentes, clasificándose como familias. Bajo

ese concepto cada celda se diseña para fabricar una familia de partes o una porción de esta, buscando que cada una tenga una especialización de operaciones, claramente definida y particular en el proceso, convirtiéndose en un grupo independiente y autónomo dentro del proceso de fabricación. Cada celda incluye elementos especiales de producción, herramientas, instrumentos y soportes personalizables para conseguir optimizar la fabricación de partes de la familia; un grupo de partes con formas geométricas, tamaños o pasos en procesamientos similares dentro del proceso de manufactura se puede clasificar como familia.

Los métodos para identificación de las familias de partes pueden ser analizados desde diferentes puntos, uno puede ser la inspección visual de todas las partes fabricadas y la agrupación de acuerdo a su similitud. Por análisis de flujo de producción donde se usa la información contenida en las hojas de rutas para clasificar las partes. Otro sistema es el utilizado al identificar similitudes y diferencias entre las partes para ser relacionadas mediante esquemas de codificación, donde se observan sistema de atributos de diseño, sistemas de atributos de manufactura y una combinación de ambos.

También se utiliza un concepto denominado partes compuestas donde los miembros de la familia de partes poseen características de diseño y manufactura similares.

Los tipos de diseño de celda de manufactura se clasifican de acuerdo a la cantidad de máquinas y el nivel de automatización:

- Celda de máquina única: es una celda de operación manual, esta permite la variación de las características y tamaños dentro de la familia de partes que produce al incluir soporte y herramientas para éste fin.
- Celdas de máquinas múltiples: poseen dos más máquinas de operación manual y se distinguen por el método de manejo de trabajo de partes en la celda bien sea manual o mecanizado. Al referirse al manejo manual se habla sobre la necesidad del trabajador de mover las partes dentro de la celda en cambio al cuando se refiere al método de mecanizado es por la transferencia de partes de una máquina a otra, debido seguramente al tamaño y peso de las partes o para aumentar la velocidad y automatizar el proceso de producción.
- Celdas de flexibles de manufactura y sistemas flexibles de manufactura: estos consisten en máquinas automatizadas, conformadas por un grupo de estaciones de procesamiento interconectadas mediante un sistema de automatizado de manejo y almacenamiento de material, que son controlados por medio de un sistema integrado de computación.

Las celdas de manufactura flexible en general no son operadas por humanos, debido a que su diseño y operación son precisos en comparación con otras celdas. Estas pueden incluir sistemas de máquinas, centros de mecanizado con control numérico, mediante robots industriales u otros sistemas de mecanizado o manejo de materiales automatizado

4. Metodología

Para conseguir el adecuado desarrollo del proyecto este se dividirá en fases donde se buscará filtrar cada uno de las etapas requeridas en busca de conseguir los objetivos planteados. Las fases por las que el proyecto pasara será la forma de demarcar los lineamientos de desarrollo y control para la ejecución progresiva de las tareas específicas que se determinaran consiguiéndose la validación de cada punto por fase. Las fases de proyecto serán:

Fase 1: conceptualización y especificación del proyecto.

En esta fase se pretende centralizar los lineamientos y herramientas a utilizar para la ejecución del proyecto a través de una búsqueda de información específica y característica sobre cada uno de los ítems o elementos necesarios.

Fase 2: Modelamiento de sistemas y elementos.

En esta fase se desarrollarán una serie de actividades que buscarán el diseño y modelamiento en 3D de los diferentes sistemas utilizados en la celda. En esta fase se iniciará un trabajo de recolección de información y/o levantamiento de planos de los subsistemas y estaciones de trabajo de la celda que permita hacer la simulación lo más real posible. Una vez se tenga la información requerida se prosigue con uso de herramientas para asistencia en el diseño CAD, donde se modelarán los elementos importantes y críticos a la hora simular el funcionamiento de cada estación.

Fase 3: Implementación de sistemas y elementos en conjunto en ambiente virtual.

Esta fase persigue como objetivo la interacción e implementación de restricciones de cada una de las estaciones de trabajo y sus subsistemas, donde en el ambiente virtual se restrinja la posibilidad de generar movimientos que no correspondan a la realidad y la limitación física de los elementos.

Fase 4: Documentación y entrega del proyecto.

En esta fase se realizan los documentos para la entrega del proyecto.

En cada una de las fases se realizará una etapa de planificación, revisión, evaluación de las actividades y los objetivos conseguidos y faltantes para el control y retroalimentación del estado del proyecto. También se realizará una documentación específica de cada proceso y paso desarrollado para mantener la continuidad y trazabilidad del proyecto.

A continuación se describen cada una de las actividades a realizar según la fase de proyecto:

4.1 Fase 1. Conceptualización y especificación del proyecto

1. Identificación y reconocimiento de las estaciones de trabajo de la celda de manufactura, características, elementos comunes y sistemas que las conforman.
2. Búsqueda preliminar de información física disponible en la Universidad sobre la celda de manufactura y sus estaciones.

3. Determinación de parámetros y/o principios de funcionamiento para cada estación de trabajo.
4. Generación de especificaciones técnicas básicas de funcionamiento para cada estación de trabajo.
5. Búsqueda preliminar de sistemas computacionales de asistencia ingenieril (software), disponibles para el desarrollo del proyecto.
6. Selección de software aplicado para el diseño y desarrollo de los diferentes sistemas requeridos en el proyecto, se debe tener en cuenta la disponibilidad del software (gratuito, licenciado por la Universidad o con bajo costo de adquisición), la disponibilidad del mismo y el tipo de plataforma requerida para su uso.

4.2 Fase 2. Modelamiento de sistemas y elementos.

1. Desarrollo de planificación de actividades para la fase.
2. Levantamiento de planos de celda de manufactura en general, estructura, tamaño y ubicación de estaciones de trabajo.
3. Levantamiento de planos de cada estación con sus respectivos sistemas y subsistemas necesarios para simulación de funcionamiento en entorno virtual.
4. Búsqueda de información específica y técnica de los elementos estándar (actuadores, motores, etc.) que no se tenga disponible físicamente y se requiera para el desarrollo y modelado.
5. Generación de listado de control para cada estación, sistema y subsistema donde se identifique los elementos a trabajar.
6. Modelamiento de estructura principal de la celda de manufactura.
7. Modelamiento de cada estación de trabajo.
8. Ensamble preliminar de cada estación de trabajo.
9. Ensamble preliminar de la celda de manufactura completa.
10. Ajustes a diseño y modelado de acuerdo a observaciones en proceso de ensamble.
11. Evaluación y revisión de las tareas planificadas y alcance logrado para la fase.

4.3 Fase 3. Implementación de sistemas y elementos en conjunto en ambiente virtual.

1. Desarrollo de planificación de actividades para la fase.
2. Desarrollo de listados de control y revisión para cada uno de los sistemas desarrollados.
3. Generación de restricciones en ensamble para simulación de funcionamiento de cada estación de trabajo.
4. Simulación básica de funcionamiento en entorno virtual de estaciones de trabajo.
5. Determinación de elementos en conflicto o falla y posibles causas.
6. Revisión de diseño de acuerdo a especificaciones básicas de funcionamiento para cada estación.
7. Desarrollo ajustes de diseño de acuerdo a requerimientos preestablecidos en control preliminar.
8. Validación de simulación de sistemas en entorno virtual con correcciones realizadas.
9. Evaluación y revisión de las tareas planificadas y alcance logrado para la fase.

10. Elaboración de documentos de control de cada elemento desarrollado.

4.4 Fase 4. Documentación y entrega del proyecto

1. Desarrollo de documentos técnicos, especificaciones e instructivos de uso para cada uno de los sistemas desarrollados.
2. Desarrollo de trabajo final sobre el proyecto elaborado.
3. Presentación del trabajo final conclusiones y resultados obtenidos.

5. Cronograma

- Ver anexo CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

6. Presupuesto

El proyecto se presupuesta con los recursos disponibles y asignados por la Universidad, a continuación se calcula el presupuesto total requerido para el desarrollo del proyecto.

Calculo de costos organizativos:

Descripción	Cant.	Tiempo	Unidad	Vr unitario	Vr Total
Coordinador del proyecto (15horas/semana a \$ 30.000 pesos por hora)	1	semana	39	\$ 450.000	\$ 17.550.000
Asesorías al proyecto (2horas/semana a \$ 65.000 pesos por hora)	1	semana	39	\$ 130.000	\$ 5.070.000
Alquiler de computador con paquete básico software (Costo mensual \$ 250.000 pesos)	1	mes	10	\$ 250.000	\$ 2.500.000
Mtto. licencia para diseño (Costo anual de \$6,000 USD - Costos mensual con TRM dólar \$2450 Pesos de \$ 1.225.000 Pesos)	1	mes	8	\$ 1.225.000	\$ 9.800.000
Arrendamiento Área de trabajo	Global	10	mes	\$ 400.000	\$ 4.000.000
Servicios (Estimado por un costo sobre el 15% de arrendamiento)	Global	10	mes	\$ 60.000	\$ 600.000
Papelería y útiles			Global	\$ 290.000	\$ 290.000

Total Costos	\$ 39.810.000
---------------------	----------------------

TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 39.810.000
ADMINISTRACION	14%	\$ 5.573.400
IMPREVISTOS	3%	\$ 1.194.300
COSTO TOTAL		\$46.577.700

7. Bibliografia

- [1] F. Nagata, S. Yoshitake, A. Otsuka, K. Watanabe, and M. K. Habib, "Development of CAM system based on industrial robotic servo controller without using robot language," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 29, pp. 454-462, 2013.
- [2] N. Prabhu, M. Dev Anand, and S. Raja, "Development of a CAD Based Platform for Scorbot-ER Vu Industrial Robot Manipulator," *Procedia Engineering*, vol. 38, pp. 3992-3997, 2012.
- [3] J. Andres, L. Gracia, and J. Tornero, "Implementation and testing of a CAM postprocessor for an industrial redundant workcell with evaluation of several fuzzified Redundancy Resolution Schemes," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 28, pp. 265-274, 2012.
- [4] V. B. Sunil and S. S. Pande, "Automatic recognition of features from freeform surface CAD models," *Comput. Aided Des.*, vol. 40, pp. 502-517, 2008.
- [5] K. Lee, *Principles of CAD/CAM/CAE Systems*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1999.

