

IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA Y ADECUACIÓN DE POTENCIA DE UN ROBOT INDUSTRIAL PARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA

Jaime Alberto Parra Plazas¹, Alexander Ibáñez Contreras², Juan Pablo Molina Celemín³

RESUMEN

Este artículo está orientado a mostrar el proceso de rediseño y construcción de un robot industrial, elaborado con modelos en diferentes materiales hasta definir el tipo de material para la elaboración del mismo y verificar la parte de potencia en cada eslabón para la selección de los motores que accionan los mecanismos respectivos para la generación de movimiento.

PALABRAS CLAVE

Cepilladora, solid edge, resina, prototipo, ansys workbench, servomotor, actuador.

ABSTRACT

This document development like part of design and construction of a industrial robot, making models in several materials, even to complete with the kind of the kind of materials to itself make and test part of the power in each link to the motor selection and reducers who start mechanism respective for movement generation.

KEY WORDS

Drill, solid edge, resine, prototype, servomotors, actuator, ansys workbench.

Fecha de recepción del artículo: 25 de junio de 2008.

Fecha de aceptación del artículo: 8 de agosto de 2008.

¹ Ingeniero Mecánico. Magister en Ingeniería Mecánica. Estudiante de Doctorado en Ingeniería. Docente Investigador - Universidad Libre.

² Ingeniero Mecánico, Universidad Libre.

³ Ingeniero Mecánico, Universidad Libre.

INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha deseado crear vida artificial. Se ha empeñado en crear seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que realicen sus tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano.

Esto usualmente toma la forma de un robot industrial usado en las líneas de producción. Otras aplicaciones incluyen la limpieza de residuos tóxicos, exploración espacial, minería, búsqueda y rescate de personas y localización de minas terrestres. La manufactura continúa siendo el principal mercado donde los robots son utilizados. En particular, robots articulados (similares en capacidad de movimiento a un brazo humano) son los más usados comúnmente.

1. DISEÑO DEL ROBOT

En la actualidad la Universidad Libre tiene una línea de investigación en el área de automatización y robótica, la cual ha venido haciendo desarrollos como el presente proyecto, de manera que se fundamenten los conocimientos básicos y se avance en la profundización de los conocimientos básicos

Ante la necesidad de elaborar un modelo físico que cumpla con las características establecidas en el proyecto anterior "Diseño conceptual de un robot antropomorfo con fines didácticos y académicos", desarrollado por Ing. Antonio Barón; facilitando la construcción del mismo, se opta por realizar un estudio detallado de la viabilidad de elaborar un modelo en madera con recubrimiento en resina, además de evaluar cada una de las diferentes técnicas de elaboración del mismo con diferentes materiales.

Por otra parte se llevará a cabo el redimensionamiento de cada una de las piezas que componen el robot, para asegurar que los sistemas de potencia (motores) encajen dentro de cada eslabón.

2. DETALLES BÁSICOS DEL ROBOT UNILIB 1

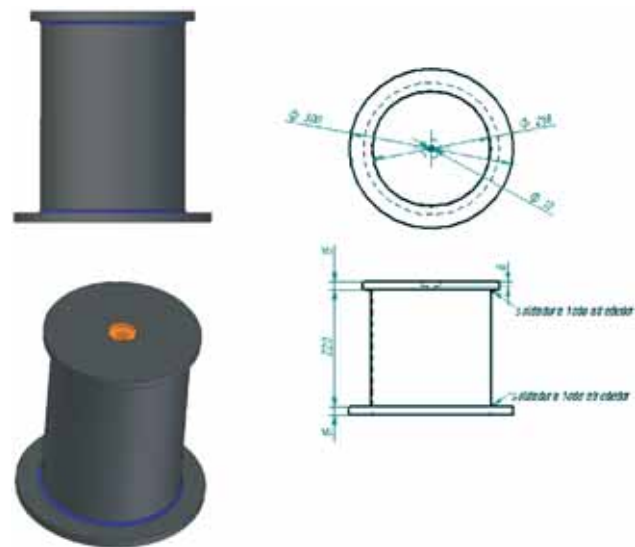
A continuación se presenta detalladamente cada elemento que constituye el robot sus dimensiones básicas y descripción; de acuerdo con los planos finales desarrollados para la construcción.

Figura 1. Robot UNILIB 1



2.1 Base fija

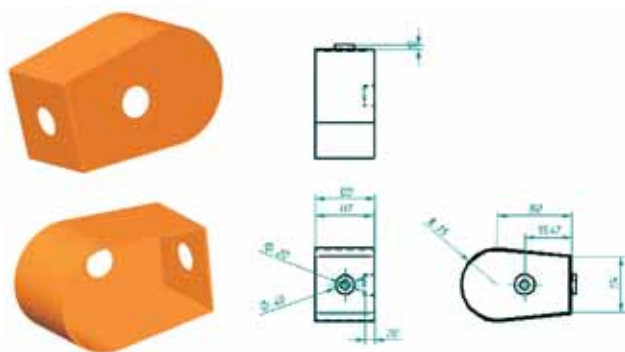
Figura 2. Base de rotación (vistas y cotas principales).



Este es el elemento donde descansa toda la estructura, además de soportar todo el peso del robot, así como el peso de los elementos generadores de movimiento (motores) su material esta constituido por acero en toda la extensión de su cuerpo, su fabricación consta de tres elementos, un cilindro denominado cuerpo y dos tapas

2.4 Antebrazo

Figura 5. Antebrazo (vistas y cotas principales).



Es la tercera articulación del sistema (fig. 5), su material de fabricación es resina poliesterica desarrollada por el método de prototipo rápido posee dos bujes en aluminio incrustados dentro de la resina, los cuales brindarán una mejor superficie de contacto entre brazo, el antebrazo y la muñeca, además de reducir el factor de fricción garantizando una vida útil de la pieza mucho mayor. Posee un anillo de nylon que evita que pueda existir fricción entre la pieza anclada a esta.

En su interior se aloja un motor de paso que generará el movimiento del antebrazo con relación al brazo. Los cambios realizados en esta pieza se hicieron con el fin de poder alojar en su interior un motor de paso pues su diseño anterior era muy reducido impidiendo realizar esta operación.

El área de trabajo para esta articulación está comprendida entre 0° y los 45° siendo 0° el punto del sistema en reposo, ya sea vertical u horizontal.

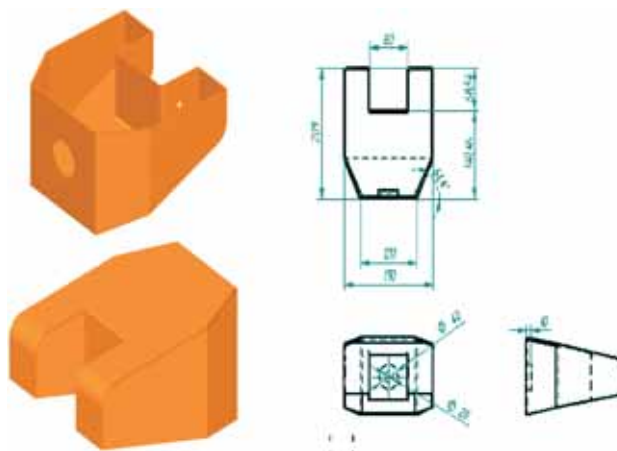
2.5 Muñeca

Cuarta articulación del robot (fig. 6) al igual que las anteriores piezas fue fabricada en resina poliesterica mediante el método de prototipo rápido con la tecnología de preseries, su diseño preliminar fue modificado para dar paso a una muñeca mucho más amplia que permitiera alojar en su interior un sistema generador de movimiento (motor de paso)

el cual dará movimiento a la muñeca en relación con el antebrazo.

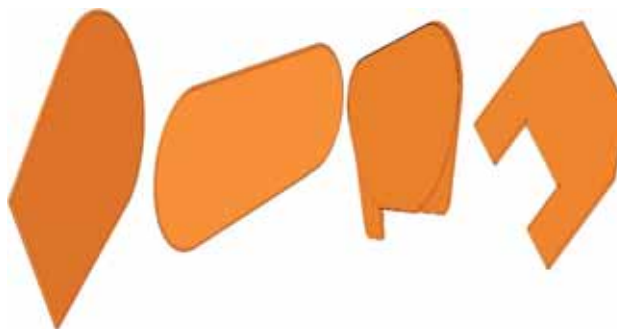
Esta articulación esta equipada con un buje en aluminio cuya función es reducir la fricción entre piezas y por ende aumentar la vida útil del sistema; además de ser un punto de anclaje entre piezas. Su área de trabajo esta comprendida entre 0° y 360° alrededor del eje que la une con el antebrazo, siendo 0° el punto donde la articulación se encuentra en reposo.

Figura 6. Brazo (vistas y cotas principales).



2.6 Tapas de sellado de las articulaciones

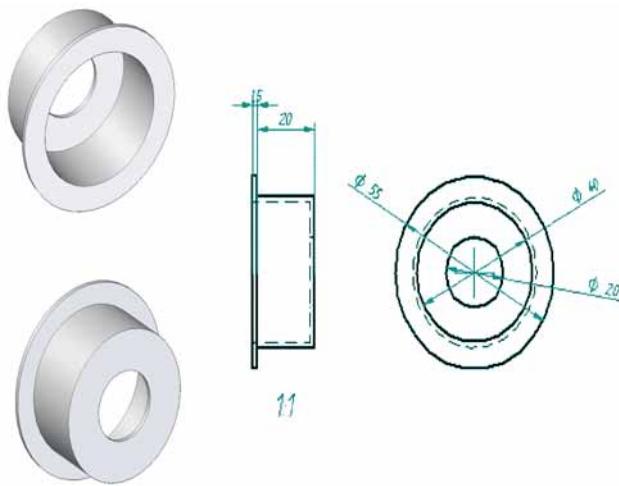
Figura 7. Tapas (vistas y cotas principales).



Estas piezas son las encargadas de sellar las articulaciones y mantener la estética de todo el conjunto al igual que las demás piezas su fabricación se realizó mediante tecnología de preseries (prototipos rápidos). El sellado de las tapas en las articulaciones se realiza mediante presión, acompañados de una cinta adhesiva en todo su contorno.

2.7 Bujes de aluminio

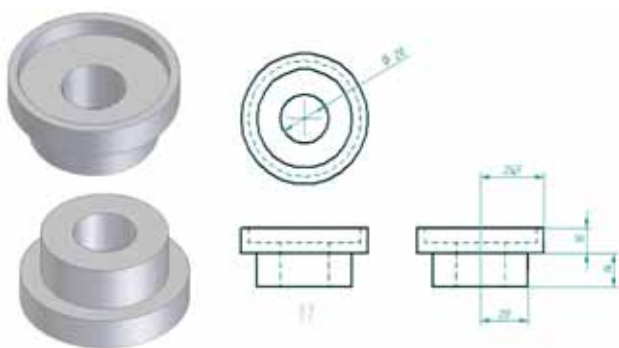
Figura 8. Buje de aluminio (vistas y cotas principales).



Piezas que sirven como guía para el ensamble entre eslabones elaboradas en aluminio con el fin de evitar el contacto directo entre resinas, no presentan un contacto directo entre bujes lo cual garantiza que no existirán grandes concentraciones de fricción que puedan ocasionar un desgaste excesivo.

2.8 Buje base giratoria

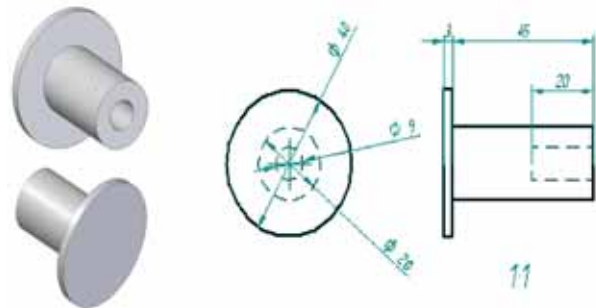
Figura 9. Buje base rotatoria (vista y cotas principales).



Pieza elaborada en aluminio que cumple la función de separador entre la base estática (material acero) y la base giratoria (material resina) la cual garantiza que no pueda existir desgaste entre las piezas, además sirve de caja guía para alojar el rodamiento ubicado en la base estática y permitir su correcto acoplamiento.

2.9 Ejes de aluminio

Figura 10. Eje de aluminio (vistas y cotas principales).



Pieza elaborada en aluminio cuya finalidad es transmitir el movimiento por medio del sistema de potencia (servomotor), que se encuentra sujeto en cada una de las articulaciones que lo requiere, con el fin de realizar los movimientos establecidos.

3. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS DE CARGAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS

3.1 Cargas estáticas

Una aplicación típica de la mecánica de sólidos en los materiales es determinar a partir de una cierta geometría original del sólido y unas fuerzas aplicadas sobre el mismo, si el cuerpo cumple ciertos requisitos de resistencia y rigidez. Para resolver este problema, en general es necesario determinar el campo de tensiones y el campo de deformaciones del sólido, para ello se realizó un estudio por medio del software ANSYS WORKBENCH, el cual genera un análisis cuando el sistema se somete a una carga de 5 N y bajo la acción de la gravedad (9.81 m/s^2).

El comportamiento elástico, se da cuando un sólido se deforma adquiriendo mayor energía potencial elástica y, por tanto, aumentando su energía interna sin que se produzcan transformaciones termodinámicas irreversibles. La característica más importante del comportamiento elástico es que es reversible; si se suprimen las fuerzas que provocan la deformación el sólido vuelve al estado inicial antes de aplicación de las cargas.

Fatiga, se obtiene cuando una carga dada puede repetirse muchas veces, siempre que los esfuerzos permanezcan en el rango elástico; sin embargo cuando

los ciclos se repiten millones de veces la ruptura ocurrirá a esfuerzos muchos mas bajos que la resistencia estática de ruptura.

Deformación es el aumento de energía interna acumulado en el interior de un sólido deformable como el resultado del trabajo realizado por las fuerzas que provocan la deformación.

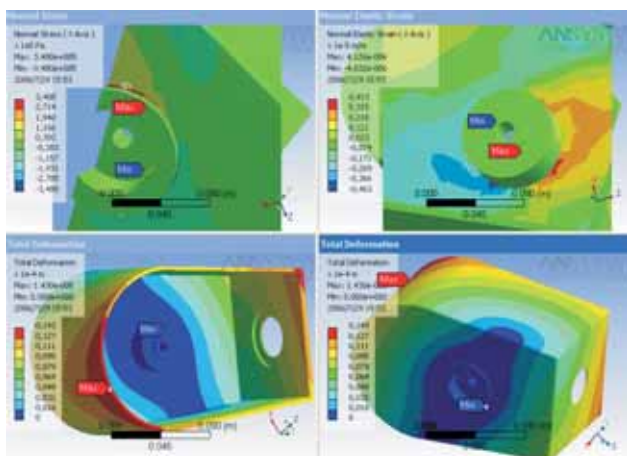
Cuando un sólido se deforma en parte aumenta su energía interna, este aumento de energía puede ocasionar cambios termodinámicos reversibles y/o cambios termodinámicos irreversibles. Por tanto la energía de deformación admite la siguiente descomposición:

$$E_{def} = E_{rev} + E_{irrev}$$

Donde el primer sumando es la energía invertida en provocar sólo transformaciones reversibles comúnmente llamada energía potencial elástica. El segundo sumando representa la energía invertida en diversos procesos como: plastificar, fisurar o romper el sólido.

3.1.1 Análisis en el antebrazo

Figura 11. Deformación Total, Fatiga Normal y Tensión Elástica en el Antebrazo.



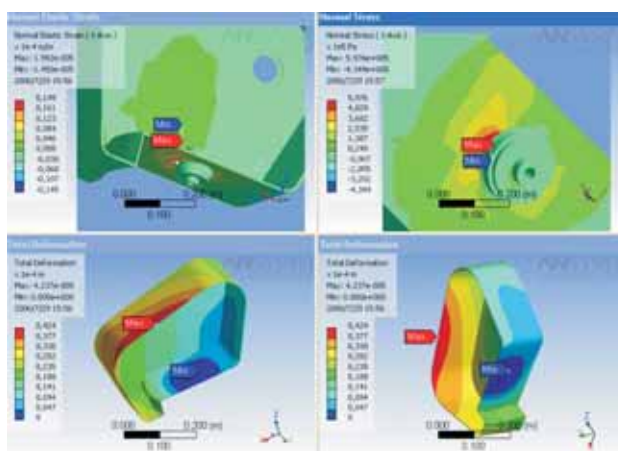
En la figura 11 se observan las cargas a las cuales estará sometido el antebrazo cuando se aplica una carga de 5 N, en el buje de unión con el antebrazo, por ser este el lugar donde se generan las mayores

concentraciones de carga en el momento en que el sistema se encuentra en reposo, la **deformación** (fig. 11 parte inferior) presenta el punto máximo de deformación (color rojo) con un valor 1 e -4 m, el cual no produce una deformación crítica, en la posición superior izquierda de la figura se encuentra la **fatiga normal** que se presenta en este cuerpo y se genera en el antebrazo sin presentar problema con el buje, esta propiedad la vemos reflejada de color rojo con un valor de 3.488e5 Pa, que comparado con el módulo de young que posee la resina de 30 GPa es bajo.

En la parte superior derecha vemos reflejada la **tensión elástica normal** que se encuentra muy cerca al punto de intercepción del antebrazo con el buje, el cual podemos notar de color rojo con un valor de 4.126 e-6 m/m y en la parte del buje vemos de color azul la menor tensión de -4.632 e-6 m/m.

3.1.2 Análisis en la base de rotación

Figura 12. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica en al base de rotación.

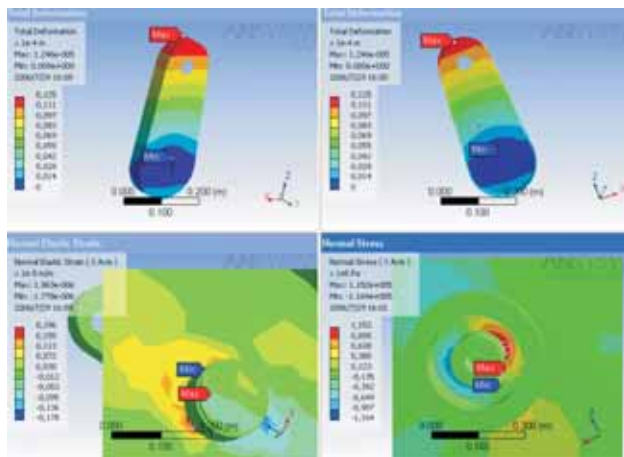


En la figura 12 se puede observar el efecto de las cargas aplicadas a la base de rotación con el sistema de buje, eje y rodamiento, cuando el valor de la fuerza es de 5 N, describiendo cada uno de sus comportamientos; en la figura superior izquierda encontramos la **tensión elástica** que nos muestra en la parte inferior de la base que es cero de tal manera que no afecta la parte de los bujes, podemos observar que el punto rojo es su mayor valor (1.992 e-5 m/m) y alrededor encontramos de color azul su menor valor (-1.450 e-5 m/m).

En la parte superior izquierda podemos observar la **fatiga normal** a la que está expuesta la base, mas no los elementos de rotación. Como podemos observar la mayor concentración de fatiga es de $5.976 \text{ e}5 \text{ Pa}$. La **deformación total** no es muy crítica la cual se puede observar en la parte superior de la base de rotación de la figura, en color rojo con un valor de $4.237 \text{ e}-5 \text{ m}$.

3.1.3 Análisis en el brazo

Figura 13. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica en el brazo.



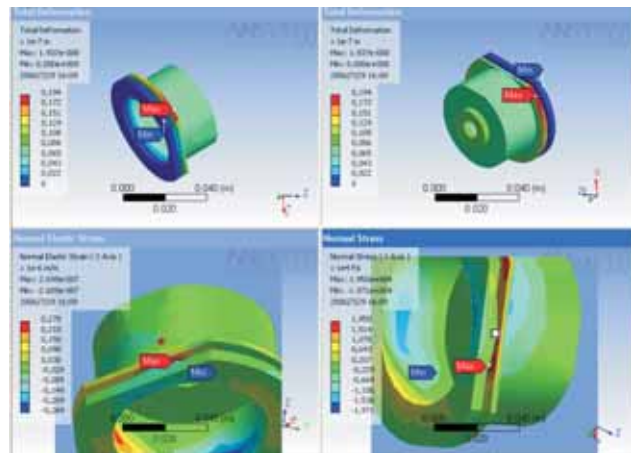
En la figura 13 se observa el comportamiento bajo una carga de 5 N ejercida en el brazo de rotación, el buje hembra y su respectivo eje, como parte del sistema. Se muestra en la parte superior de la figura la **deformación total** la cuál muestra un desplazamiento en la parte superior del brazo sin afectar la zona donde se genera la rotación. Como puede apreciarse, la zona de color azul presenta una deformación definida por un intervalo entre cero y $31 \text{ e}-12 \text{ m}$.

En la figura inferior izquierda se observa la **deformación unitaria** que es muy pequeña, generada en la unión del buje con el brazo, de color rojo con un valor de $1.963 \text{ e}-6 \text{ m/m}$.

3.1.4 Buje antebrazo vs. muñeca

En la figura 14 observamos cuando los bujes del antebrazo y la muñeca se encuentran en reposo con una carga de 5 N. Se puede analizar que la **deformación total** es muy pequeña la cual se refleja en el buje de

Figura 14. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica en los bujes de antebrazo y muñeca.

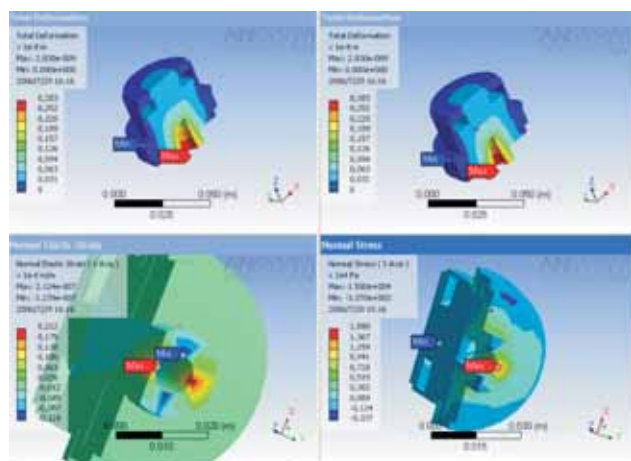


la muñeca con un valor de $1.937 \text{ e}-8 \text{ m}$. resaltada en rojo, mientras que el buje del antebrazo presenta una deformación en el intervalo entre 0 y $2,2 \text{ e}-9 \text{ m}$.

La **deformación unitaria** se puede observar en la figura inferior izquierda, en la posición del buje hembra de la muñeca es demasiado pequeña por tanto no genera problemas grandes porque el desplazamiento lo hace en una cuarta parte de la región que se encuentra de color rojo cuyo valor es de $2.699 \text{ e}-7 \text{ m/m}$.

3.1.5 Buje base fija vs. base rotatoria

Figura 15. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica el buje base fija vs. base rotatoria.



En la figura 15 se observa el comportamiento de la interacción entre el buje de la base y la base rotatoria,

al estar sometidos a una carga de 5N en el eje de unión de los bujes, por ser considerado como la parte donde se genera la mayor fuerza tanto de rotación como de gravedad en el sistema.

La **deformación total** (fig. 15 parte superior) presente en el buje no es de consideración por ser un valor muy bajo, presentando un valor máximo de deformación en la parte inferior del eje de $2.830e-009$ m. (color rojo) y un valor mínimo en la parte externa del buje de la base rotacional. Se puede observar la mayor concentración de esfuerzos ubicada en el buje de acoplamiento entre la base de rotación y el rodamiento, presentando valores relativamente bajos en la parte superior del buje en mención, y presentando los valores más altos en la parte inferior del buje y eje de acoplamiento lo cual permite deducir una deformación ascendente y uniforme a lo largo del eje y el buje de acoplamiento, por lo demás se establece que tanto la geometría del buje como el material seleccionado para su elaboración cumple con las características necesarias para evitar que pueda existir una deformación lo suficientemente alta sin alterar la geometría del elemento y por ende el funcionamiento del sistema.

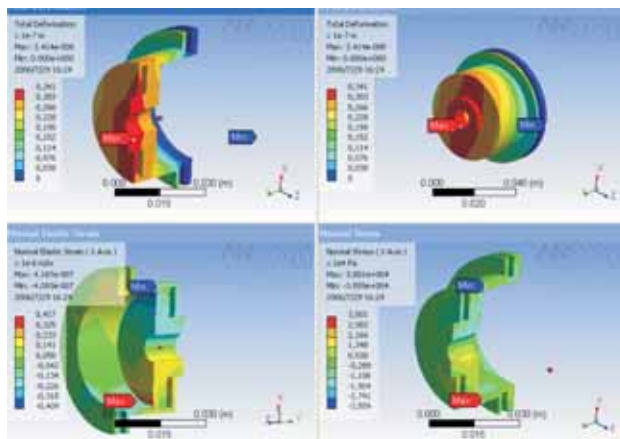
De igual forma la figura 15 permite visualizar la **deformación unitaria** (fig. 15 costado inferior izquierdo), la cual presenta una distribución uniforme a lo largo del área del conjunto presentado su máximo punto de tensión (color rojo) en la parte inferior del eje con un valor de $2.12e-007$ m/m.

3.1.6 Buje brazo vs. buje antebrazo

La figura 16 permite visualizar los tres tipos de cargas a los cuales se ve sometido el buje cuando recibe una carga de 5N en el eje que une los bujes por considerar que es el lugar donde se presentará una fuerza rotacional ejercida por el sistema de potencia del robot.

La **deformación total** (fig. 16 parte superior) presenta los valores de deformación que hay en el buje, presentándose la mínima deformación (color azul) en la parte superior del buje de unión del brazo y la máxima deformación (color rojo) en el eje que une el buje del antebrazo, la deformación que se aprecia no genera cambios de geometría en la pieza lo que permite

Figura 16. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica el buje brazo vs. buje antebrazo.

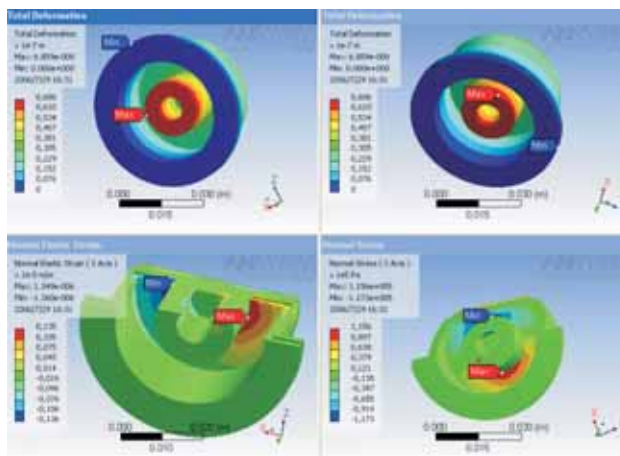


deducir que el material soporta las cargas a la que se verá sometido en los tiempos de operación.

Por otra parte, se aprecia la **deformación unitaria** de los bujes (fig. 16 costado inferior izquierdo) y cómo se reparte uniformemente en toda el área y eje de unión, presentándose su máximo valor (color rojo) en la parte interna del buje del brazo y su mínimo (color azul) en la parte interna del buje del antebrazo; de igual forma se aprecia que la mayoría de las cargas de tensión se concentran en la parte superior de los bujes.

3.1.7 Análisis de cargas en el buje brazo vs. base rotatorio

Figura 17. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica en el buje brazo vs. base rotatorio.



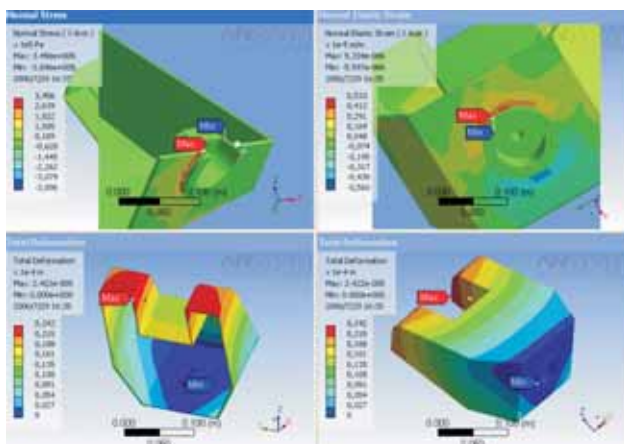
En la figura 17 se observa el comportamiento bajo las diferentes cargas a las que se ve sometido el buje de unión entre base de rotación y el brazo del robot, la carga fue aplicada en el eje que une los bujes por considerar que es el lugar donde se presentará una fuerza rotacional ejercida por el sistema de potencia del robot (servomotor), dicha carga es de 5N.

La **deformación total** que se puede apreciar en la parte superior de la figura 17, y se encuentra su máximo valor en una de las caras del eje que servirá de unión entre el sistema de potencia y los bujes de aluminio, mientras que en las demás zonas presenta un valor muy bajo, lo cual nos permite deducir que el material de los bujes soportara en una forma aceptable las cargas ejercidas en toda su área sin sufrir una deformación considerable sin generar daños a la estructura del robot.

De igual forma, se observa que la **deformación unitaria** que se presenta en el buje (fig. 17 costado inferior izquierdo), se reparte en una forma uniforme alrededor de todo el buje encontrándose su máximo punto de tensión en la parte inferior de la unión entre eje y buje siendo una tensión puntual y de bajo valor lo cual garantiza un correcto funcionamiento de esta pieza.

3.1.8 Análisis de cargas en la muñeca

Figura 18. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica en la muñeca.



La figura 18 muestra cada uno de los esfuerzos presentes en la muñeca cuando es sometida a una

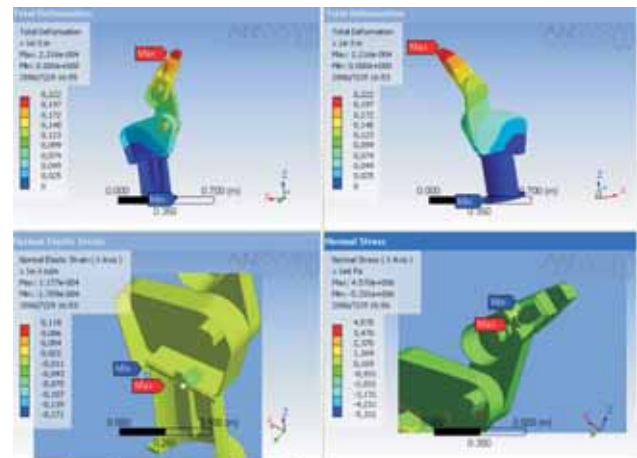
carga de 5N ubicada en dirección x directamente en la superficie del eje que es donde se concentra la carga que ejercerá el sistema de potencia (motor paso a paso) en el eje. El punto máximo de deformación se encuentra en la parte final de la muñeca de $2.42e-005$ m, que es relativamente bajo.

Por otra parte, se puede observar el **esfuerzo normal** (fig. 18 costado izquierdo superior), presente en la muñeca del robot distribuido uniformemente en toda el área encontrándose el máximo punto de fatiga en la unión entre el buje de aluminio y la resina (muñeca).

También se observa la **deformación unitaria** presente en la muñeca (fig. 18 costado derecho superior), la cual presenta una distribución en todo el área, obteniendo su mayor valor en la unión entre la unión resina y buje de aluminio correspondiente a $5.33e-006$ m/m.

3.1.9 Análisis de carga en el Conjunto

Figura 19. Deformación total, fatiga normal y tensión elástica en el conjunto.



La figura 19 permite observar cada uno de los esfuerzos que se presentan en el conjunto del robot cuando está sometido a una carga de 5 N en el centro de la muñeca. Se observa que la **deformación total** (fig. 19 costado izquierdo y derecho superior), presente en la estructura del robot es baja, lo cual permite deducir que no se generan deformaciones considerables que puedan causar algún daño en

cada una de las partes del robot, cabe resaltar que el mayor punto de deformación queda situado en uno de los extremos de la uña, lo cual permite deducir que el conjunto soporta en una forma muy aceptable las cargas aplicadas distribuyéndolas uniformemente desde las uñas de la muñeca donde se concentra la mayor deformación hacia la base estática donde la deformación es nula.

Además se observa que la **deformación unitaria** (costado izquierdo inferior), es otro de los valores considerables en el estudio del robot pero que en nuestro caso o no es muy elevado 1.177×10^{-4} m/m y por ende no se considera de riesgo para el conjunto del robot; su máximo punto de tensión elástica se encuentra ubicado en el eje que unirá los bujes con el sistema de potencia del robot (servomotor) con un valor de 1.17×10^{-4} .

En cuanto a **esfuerzo normal** (fig. 19 costado inferior derecho), se puede apreciar que aun cuando existen valores que podrían ser considerables no presentan ningún riesgo por encontrarse en el área de los bujes que para nuestro caso han sido elaborados en aluminio.

3.2 Análisis de cargas dinámicas

Los simuladores de mecanismos permiten predecir el comportamiento cinemático y dinámico de una gran variedad de sistemas multi-cuerpo en todas las etapas del proceso de diseño, desde la etapa del concepto a la del prototipo. En cualquiera de éstas etapas, éste tipo de análisis es una herramienta de gran valor, proporcionando al ingeniero suficiente cantidad de datos para estudiar la influencia de diferentes parámetros.

El enfoque tradicional de los simuladores es considerar todos los cuerpos que componen el mecanismo como sólidos rígidos indeformables. Pero existen un gran número de aplicaciones en la Ingeniería en los que se hace necesario el considerar mecanismos de cuerpos deformables.

En este apartado se busca analizar los elementos críticos del sistema cuando se ve sometido a una carga dinámica de 5 N bajo la acción de la gravedad de (9.81 m/s^2) haciendo uso de métodos de elementos finitos.


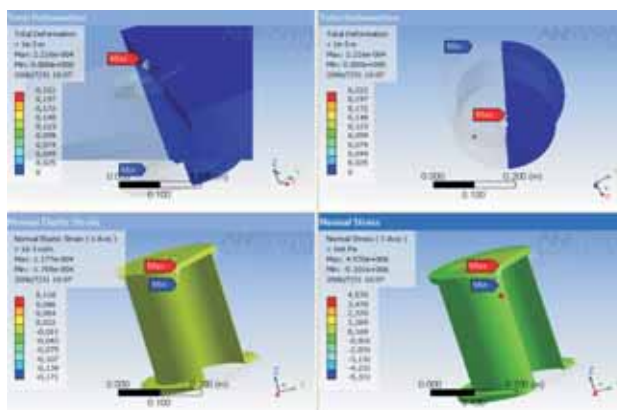
Por medio del software DYNAMIC DESIGNER hacemos la simulación dinámica, teniendo en cuenta los diferentes movimientos que realizará, de manera que se puedan calcular torques, consumo de potencia, y reacciones en los puntos de contacto entre los diferentes elementos que conforman el robot, de manera que después se puedan exportar mediante la opción  Export FEA DATA (figura 20).

Figura 20. Exportación de datos.



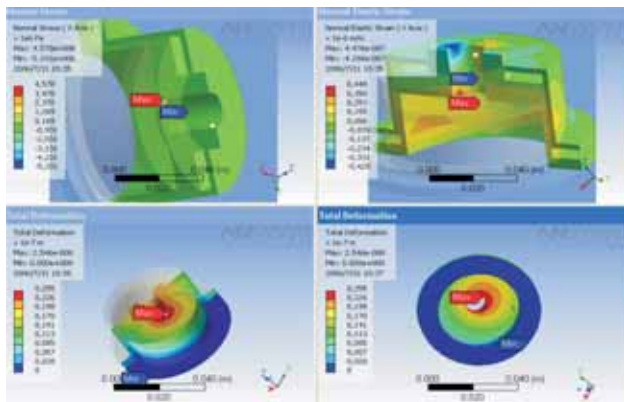
3.2.1 Base vs rodamiento

Figura 21. Base estática vs. rodamiento.



3.2.2 Buje muñeca

Figura 22. Buje muñeca.

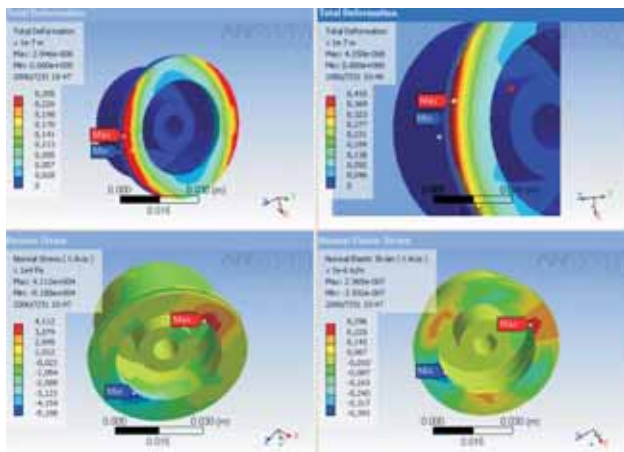


La figura 22 esta presentada en corte, para poder analizar cada una de ellas en detalle. En la parte superior izquierda se observa el **esfuerzo normal** el cual presenta un valor de $4.570 \text{ e}6 \text{ Pa}$, en la parte superior derecha encontramos la **deformación unitaria** cuyo valor máximo se presenta en el buje macho del antebrazo con un valor de $4.476 \text{ e}7 \text{ m/m}$, en cuanto al buje hembra de la muñeca vemos que su valor es bajo, de $-4.288 \text{ e}7 \text{ m/m}$.

En las figuras inferiores analizamos la **deformación total** con un valor máximo de $2.546 \text{ e}8 \text{ m}$, esto generará una deformación con respecto al eje, cuando ellos se encuentren en movimiento, relativamente bajos.

3.2.3 Buje brazo vs. base rotatoria

Figura 23. Buje brazo vs. base rotatoria.



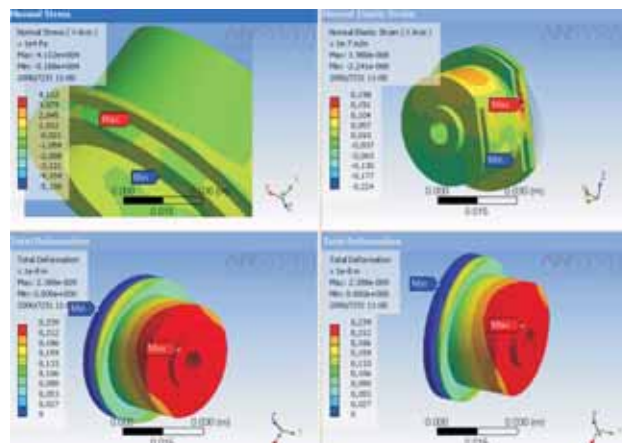
En la figura 23 podemos detallar la **deformación total** en la parte del buje macho de la base de rotación en los extremos, con un valor de $2.546 \text{ e}8 \text{ m}$ como su máxima deformación cuando el sistema esta desplazando la parte del buje hembra del brazo y el eje no sufre ninguna irregularidad como lo muestra la figura superior.

En la parte inferior izquierda analizamos el **esfuerzo normal** que se transmite a través del buje de la base a un lado derecho de color rojo ($4.112 \text{ e}4 \text{ Pa}$) y al otro extremo de color azul su esfuerzo mínimo ($-5.1888 \text{ e}4$).

Por ultimo encontramos la **deformación unitaria** la cual se genera en las mismas zonas de altos esfuerzos, cuando encontramos estos esfuerzos en movimiento lo que concluimos es que no vamos a tener ninguna consecuencia cuando nuestro sistema se desplace a otro punto.

3.2.4 Buje brazo vs. antebrazo

Figura 24. Buje brazo vs. antebrazo.



En esta figura 24 se observa el **esfuerzo normal** el cual se encuentra en unos puntos que no son críticos, en la figura superior izquierda el valor máximo es de $4.112 \text{ e}4 \text{ Pa}$ y su valor mínimo es de $-5.188 \text{ e}4 \text{ Pa}$. En la figura superior derecha en corte se halla la **deformación unitaria** con un valor máximo de $1,98 \text{ e}6 \text{ m/m}$, que no genera mayores problemas en esta área.

En las figuras inferiores especificamos la deformación del buje del antebrazo, el cual sufre una mayor deformación de todo el sistema cuando se encuentra en movimiento, mientras que el buje del brazo como lo podemos ver en la imagen no causa ningún efecto de deformación.

CONCLUSIONES

La eminente necesidad de explorar y conocer más acerca de las máquinas programables o manipuladores, un campo que en el país hasta hace unos pocos años era desconocido para muchas personas, pero con la creciente demanda de nuevas técnicas de producción y con el crecimiento de las industria, hoy cobra gran importancia. Es por ello necesario explorar temas relacionados con la robótica, que para muchos es el futuro de las industrias que tienen un creciente auge de producción y para un país en camino de la industrialización.

Cabe destacar que el diseño y la fabricación de un robot pasa por diferentes etapas que integran el conocimiento técnico, teórico y práctico que permite definir las falencias y fortalezas de un diseño, así como los diferentes procesos existentes para su fabricación, y por ende escoger el mas adecuado para su elaboración garantizando la fiabilidad

del modelo y una vida útil prolongada. Es evidente que todo diseño estará sujeto a cambios que permitan mejorar tanto la forma del modelo, así como de facilitar su elaboración física independiente del método escogido para su fabricación.

Gracias a los programas de cómputo que permiten diseñar y evaluar cada una de las partes de un robot, podemos predecir las posibles fallas en cualquier parte del diseño, y así tomar medidas correctivas que permitan mejorar o eliminar sus falencias, todo esto sin tener que recurrir a costos innecesarios de fabricación.

Por último, se debe obtener un diseño que brinde una forma estética y diferente de los múltiples robots industriales que puedan encontrarse en el mercado, todo esto sin perder eficiencia y exactitud en sus movimientos, garantizando un correcto funcionamiento y una fácil manipulación de cada uno de los elementos internos y externos que componen el robot.

BIBLIOGRAFÍA

BEER, Ferdinand P. & JHOSTON Jr., E. Rusell. Mechanical the materials. McGraw Hill Interamericana S.A., 1982.

E. SANDIN, Paul. Robot. Mechanisms and Mechanical Devices. McGraw Hill, 2003.

HIBBELER, R.C Mecánica para Ingenieros. Macmillan Publishing Co. Inc., 1978.

J. CRAIG, John. Introduction to Robotics. Mechanics and Controls. 2nd. edition, Silma Inc., 1989.

SUÁREZ, A. Guía técnica de seguridad en robótica. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1994.

INFOGRAFÍA

<http://www.protorapid.com/>

<http://www.controldemovimiento.com/index.ewp?setion=obra>

<http://www.todorobot.com.ar/>

<http://www.positec.com/>

<http://www.dismarobotica.com>

<http://www.warnerelectric.com>

<http://www.dfonet.com/infronde/>