

Aplicación de tecnología en ingeniería de software en el área de envasado de una empresa galletera

Erika Baroja Payán
Universidad Veracruzana
ebarojas@uv.mx

Victorino Juárez Rivera
Universidad Veracruzana
vijuarez@uv.mx

Ricardo Rojas Durán
Universidad Veracruzana
rduran@uv.mx

Ignacio Sánchez Bazán
Universidad Veracruzana
igsanchez@uv.mx

Resumen

En la actualidad las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) a través de la capacidad de procesamiento, sintetización de información y aplicación de herramientas computacionales, se han afianzado como uno de los medios más utilizados para construir y facilitar el aprendizaje en el desarrollo de habilidades del ser humano. Con esto, las empresas encuentran una alternativa de solución para problemas generados en los diversos departamentos de su proceso y así potencializar su competitividad. Entre las necesidades industriales más demandadas, se encuentran: mejora de las condiciones de trabajo, disminución de los tiempos de proceso y de costos de producción, mismos que pueden ser minimizados mediante elementos programables y matemáticos empleados en la optimización de los movimientos de los operadores del área de trabajo asignado. El presente trabajo, utiliza un sistema de reconocimiento de gestos (Leap Motion Device Control), que cuenta con una cámara, sensor de profundidad, micrófono multiarray y un

procesador personalizado que ejecuta el software patentado, que proporciona captura de movimiento de todo el cuerpo en 3D, reconocimiento facial y capacidades de reconocimiento de voz. El movimiento articulado de las extremidades de los operadores en el desempeño de su actividad laboral es analizado con el fin de recabar puntos en los ejes X, Y y Z; una vez obtenidos, se procedió a realizar una suma de vectores para conocer la trayectoria de cada coordenada con su ángulo respectivo a cada cuadrante del plano cartesiano y así optimizar el movimiento a través de la eliminación del desgaste o fatiga en una jornada laboral.

Palabras clave: Tecnología, reconocimiento de gestos, movimiento, fatiga y productividad.

Introducción

La computación basada en gestos, representa al cuerpo humano en interacción con distintos dispositivos electrónicos de forma tal que las extremidades son utilizadas como medios de acción [1]. Estas tendencias futuristas se denominan Interfaces de Usuario Natural (NUI) [3], por su versatilidad y potencialidades para el entretenimiento y productividad en procesos industriales [6]. Un sistema de reconocimiento de gestos (Leap Motion Device Control) [5], cuenta con una cámara RGB, sensor de profundidad, micrófono multiarray y un procesador personalizado que ejecuta el software patentado, que proporciona captura de movimiento de todo el cuerpo en 3D, reconocimiento facial y capacidades de reconocimiento de voz [2]. Con lo anterior, se realizó un estudio en el área de empaquetado de una empresa galletera ubicada en la ciudad de Paraje, Veracruz, México, en el cual, se identificaron los movimientos que realiza el operador y su trayectoria, para determinar su eficacia, desgaste físico, pero sobre todo para futuras mejoras del proceso [4], reforzándolos con la utilización de un avatar, mediante los cuales se plasma el movimiento en un determinado espacio de tiempo.

DESARROLLO

1. Proceso de producción de la galleta



2. Proceso de estudio

El estudio al cual hace referencia este trabajo, se realizó en la sexta etapa del proceso productivo, “el empaquetado”, el cual consiste en el llenado de una caja con 22 paquetes de galleta tipo María, cada paquete contiene 200 gramos; siguiendo el proceso siguiente:

1. El operador toma la caja, la cual se encuentra frente a él, detrás de su mesa de trabajo y la arma sobre una base cuya inclinación es de 30º,
2. El operador gira hacia su lado derecho 90º con dirección a la banda transportadora de tubos, toma 6 paquetes de galletas, las lleva hacia la caja y las deposita formando así la primera fila de galletas,

3. El operador gira nuevamente con dirección a la banda transportadora, tomando ahora 5 paquetes, los lleva hacia la caja y los deposita, formando la segunda fila,
4. El operador vuelve a girar hacia la banda transportadora, toma 6 paquetes y los coloca en la caja, formando la tercera fila,
5. El operador gira, toma y deposita 5 paquetes de galletas formando la cuarta fila, con los cuales termina el proceso de llenado,
6. El operador cierra la caja, doblando primero las pestañas cortas y después las largas.
7. El operador baja la caja de la base y la lleva hacia la máquina selladora, la cual se encuentra del lado izquierdo del trabajador, pasándola a través del arco de sellado de la máquina.

a. Diagrama bimanual a través de therblings

Una de las herramientas utilizadas en los estudios de tiempos y movimientos, es el diagrama bimanual, el cual nos muestra de forma clara los movimientos necesarios e innecesarios durante el proceso y el tiempo que realizan las manos del operador cuando realiza un trabajo. A continuación se presenta el análisis del proceso de empaquetado de galletas dividido en 3 secciones que son: a) Ensamble de caja, b) Empaquetado de galletas y c) Sellado de la caja, tal y como se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Diagrama bimanual utilizando therbligs en el proceso de empaquetado

DIAGRAMA BIMANUAL MULTIPLE											
Proceso: Empaquetado de galletas tipo María.				Área: Empaquetado							
Tiempo 1: 5.33 S.				Tiempo 2: 11.46 S.				Tiempo 3: 3.32 S.			
Operario:				Turno: Primero				Tiempo total: 22.11 S.			
Proceso 1: Ensamble de caja				Proceso 2: Llenado de caja				Proceso 3: Sellado de caja			
MANO IZQUIERDA	SÍMBOLO	SÍMBOLO	MANO DERECHA	MANO IZQUIERDA	SÍMBOLO	SÍMBOLO	MANO DERECHA	MANO IZQUIERDA	SÍMBOLO	SÍMBOLO	MANO DERECHA
Descansar			Alcanzar caja	Buscar paquetes			Descansar	Buscar pestaña			Descansar
Descansar			Toma la caja	Seleccionar paquete			Descansar	Seleccionar pestaña			Descansar
Alcanzar caja			Mover caja	Alcanzar paquetes			Descansar	Alcanzar pestaña			Buscar pestaña
Toma la caja			Usar	Tomar paquetes			Buscar paquetes	Tomar pestaña			Seleccionar pestaña
Sostener caja			Usar	Mover paquetes			Seleccionar paquete	Ensamblar pestaña			Alcanzar pestaña
Ensamblar caja			Ensamblar caja	Mover paquetes			Alcanzar paquetes	Sostener caja			Tomar pestaña
Sostener caja			Ensamblar caja	Mover paquetes			Toma paquetes	Sostener caja			Ensamblar pestaña
Sostener caja			Buscar pestaña	Usar			Usar	Sostener caja			Sostener caja
Sostener caja			Seleccionar pestaña	Mover paquetes			Mover paquetes	Seleccionar pestaña			Sostener caja
Sostener caja			Alcanzar pestaña	Inspeccionar paquetes			Inspeccionar paquetes	Soltar caja			Sostener caja
Sostener caja			Toma la pestaña	Precolocar paquetes			Precolocar paquetes	Alcanzar pestaña			Sostener caja
Sostener caja			Ensamblar pestaña	Inspeccionar paquetes			Inspeccionar paquetes	Tomar pestaña			Buscar pestaña
Buscar pestaña			Sostener caja	Colocar paquetes			Colocar paquetes	Ensamblar pestaña			Seleccionar pestaña
Seleccionar pestaña			Sostener caja	Soltar paquetes			Soltar paquetes	Sostener caja			Soltar caja
Alcanzar pestaña			Sostener caja	Buscar paquetes			Descansar	Sostener caja			Alcanzar pestaña
Tomar pestaña			Sostener caja	Seleccionar paquete			Descansar	Sostener caja			Tomar pestaña
Ensamblar pestaña			Sostener caja	Alcanzar paquetes			Descansar	Sostener caja			Ensamblar pestaña
Sostener caja			Soltar caja	Tomar paquetes			Buscar paquetes	Soltar caja			Soltar pestaña
Sostener caja			Buscar pestaña	Mover paquetes			Seleccionar paquete	Alcanzar caja			Alcanzar caja
Sostener caja			Buscar pestaña	Mover paquetes			Alcanzar paquetes	Tomar caja			Tomar caja
Sostener caja			Seleccionar pestaña	Mover paquetes			Toma paquetes	Mover caja			Mover caja
Sostener caja			Alcanzar pestaña	Usar			Usar	Colocar caja			Colocar caja
Sostener caja			Toma la pestaña	Mover paquetes			Mover paquetes	Soltar caja			Empujar caja
Sostener caja			Ensamblar pestaña	Inspeccionar paquetes			Inspeccionar paquetes	Descansar			Soltar caja
Buscar pestaña			Sostener caja	Precolocar paquetes			Precolocar paquetes				
Seleccionar pestaña			Sostener caja	Inspeccionar paquetes			Inspeccionar paquetes				
Alcanzar pestaña			Sostener caja	Colocar paquetes			Colocar paquetes				
Tomar pestaña			Sostener caja	Soltar paquetes			Soltar paquetes				
Ensamblar pestaña			Sostener caja								
Soltar caja			Soltar caja								
Alcanzar caja			Alcanzar caja								
Tomar caja			Tomar caja								
Mover caja			Mover caja								
Precolocar caja			Precolocar caja								
Colocar caja			Colocar caja								
Soltar caja			Soltar caja								

Nota: Se repite el ciclo

b. Estudio de tiempos con cronómetro

El estudio de tiempos con cronómetro nos permite conocer el tiempo estándar de operación y el establecimiento de un tiempo tipo, el cual contempla un porcentaje de fatiga por parte del trabajador. Se tomó la decisión de cronometrar las tres secciones del empaçado A) ensamblado de caja, B) empaçado de galletas, C) sellado de caja con el fin de obtener un promedio de tiempo general del proceso.

En la Tabla II se presenta el estudio de tiempos por cronómetro, se obtuvo el tiempo promedio del ensamblado de la caja el cual es de 5.65 segundos, también se calcularon los promedios del empaquetado y sellado, los cuales fueron de 15.20 segundos en el empaquetado y 3.78 en el sellado, con estos se concluye que el promedio de tiempo que se requiere para completar todo el proceso de empaçado es de 24.96 segundos por caja. También se calculó una tolerancia del 15%, la cual incluye: 5% personal, 5% fatigas y 5% retrasos propios del proceso, lo cual arroja 3.56 segundos, con esto el tiempo tipo en el proceso es de 27.27 segundos, lo que arroja una producción de 2.20 cajas por minuto.

Tabla II. Estudio de tiempos por cronómetro.

HOJA DE ESTUDIO DE TIEMPOS																															
EMPRESA DEL RAMO ALIMENTICIO (GALLETERA)																															
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN EMPAQUETADO DE 22 CILINDROS DE GALLETA TIPO MARÍA EN CAJA DE CARTÓN, CON UNA ALIMENTACIÓN DE 56 PAQUITES POR MINUTO.																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10px; text-align: center;">X</td> <td>¿CALIDAD ACEPTADA?</td> </tr> <tr> <td style="width: 10px; text-align: center;">X</td> <td>¿SE VERIFICÓ LA SEGURIDAD?</td> </tr> <tr> <td style="width: 10px; text-align: center;">X</td> <td>¿AJUSTE CORRECTO DE MÁQUINA?</td> </tr> <tr> <td colspan="2">NOTA:</td> </tr> </table>															X	¿CALIDAD ACEPTADA?	X	¿SE VERIFICÓ LA SEGURIDAD?	X	¿AJUSTE CORRECTO DE MÁQUINA?	NOTA:										
X	¿CALIDAD ACEPTADA?																														
X	¿SE VERIFICÓ LA SEGURIDAD?																														
X	¿AJUSTE CORRECTO DE MÁQUINA?																														
NOTA:																															
No.	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	LECTURAS						No. DE LECTURAS	TIEMPO PROMEDIO	SR	TIEMPO NORMAL	FRECUENCIA	TIEMPO NORMAL UNITARIO	RANGO	R.O.	MÁS ALTO															
		1	2	3	4	5	6																								
1	ENSAMBLADO	R.	2.04	22.28	49.85	75.44	101.9	126.2	5.65	95%	5.364333	1	5.364333	1.18	0.21	7.56															
		E.	4.21	6.38	4.73	5.43	7.6	5.6																							
2	EMPAQUETADO	R.	6.25	28.66	54.58	80.87	109.5	131.7	15.20	95%	14.436833	1	14.436833	- 1.96	- 0.13	18.33															
		E.	13.57	15.78	18.33	14.70	13.3	15.5																							
3	SELLADO	R.	19.82	44.44	72.91	95.57	122.7	147.3	3.78	95%	3.589417	1	3.589417	- 0.02	- 0.01	6.34															
		E.	2.46	5.41	2.53	6.34	3.4	2.5																							
			149.8		6	24.961667	95%	23.71358	1	23.71358																					
										<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">TOLERANCIAS</td> </tr> <tr> <td>PERSONAL</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>FATIGAS</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>RETRAZOS</td> <td>5%</td> </tr> </table>		TOLERANCIAS		PERSONAL	5%	FATIGAS	5%	RETRAZOS	5%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>TIEMPO TOTAL NORMAL</td> <td>23.71</td> </tr> <tr> <td>TOLERANCIA 15%</td> <td>3.56</td> </tr> <tr> <td>SEGUNDOS ESTANDAR</td> <td>27.27</td> </tr> <tr> <td>MINUTOS POR UNIDAD</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>UNIDADES POR MINUTO</td> <td>2.20</td> </tr> </table>		TIEMPO TOTAL NORMAL	23.71	TOLERANCIA 15%	3.56	SEGUNDOS ESTANDAR	27.27	MINUTOS POR UNIDAD	0.45	UNIDADES POR MINUTO	2.20
TOLERANCIAS																															
PERSONAL	5%																														
FATIGAS	5%																														
RETRAZOS	5%																														
TIEMPO TOTAL NORMAL	23.71																														
TOLERANCIA 15%	3.56																														
SEGUNDOS ESTANDAR	27.27																														
MINUTOS POR UNIDAD	0.45																														
UNIDADES POR MINUTO	2.20																														

c. Trayectorias de elementos a través de vectores

En esta parte del análisis se utilizó un sensor Kinect con el fin de recabar puntos en (x, y, z). El proceso de empacado se simuló dentro del laboratorio de ingeniería industrial, mismo que fue grabado y tuvo una duración de aproximadamente 40 minutos, para su posterior análisis.

Durante el análisis se tomó la decisión de dividir el proceso, concluyendo en que la toma de lecturas de los ejes (x, y, z) que marcaba el sensor sería cada 30 segundos para las partes del cuerpo mano izquierda y mano derecha; una vez obtenidos dichos puntos se procedió a hacer una suma de vectores para conocer la trayectoria de cada coordenada con su ángulo respectivo a cada cuadrante del plano cartesiano. [2]

Estos puntos también fueron utilizados para calcular las magnitudes de los vectores resultantes y con ello poder obtener el ángulo con respecto al punto de origen que se decidió tomar al inicio de la recreación del proceso de una manera virtual. [11]

Inicialmente se procedió a calcular la suma de vectores con el apoyo del programa de software Excel, se calculó de tal forma que el análisis fuese sistemático y aplicando las funciones se pudo representar los resultados en una forma más sencilla, para lo cual se tomó como anteriormente se menciona 0 segundos como punto de origen y de acuerdo a lo cual se calculó la magnitud de los vectores teniendo la relación de dos puntos, obteniendo un valor máximo de 150 mm y con un mínimo de 3.74 mm con lo anterior se calculan los ángulos de los diversos ejes coordenado y se observa que se tienen las variaciones con mayor porcentaje entre el Angulo en X y el ángulo en Y con un valor del 90.93 % y entre el ángulo Z y el ángulo X una variación del 28.15 %, esto se aprecia en la Tabla III. [2]

Tabla III. Trayectoria en la mano izquierda proceso de ensamblado de caja

Tiempo	X	Y	Z	Mano izquierda																		
				dx	dy	dz	R	dx=c2-x1	dy=c2-y1	dz=c2-z1	cos x	angulo x	cos y	angulo y	cos z	angulo z						
0 seg	22	21	183	0	16	1024	32.2490	-	-	4.00	32.00	-	90.0000	-	0.1240	97.1200	0.9923	7.1200				
30 seg	22	17	213	1024	169	324	38.9486	32.00	-	13.00	-	18.00	0.8216	34.7500	-	0.3338	109.4800	-	0.4621	117.5200		
60 seg	54	4	197	0	144	16	12.6491	-	-	12.00	-	4.00	90.0000	-	0.9487	151.5600	-	0.3162	108.4300			
90 seg	54	-8	193	729	841	1296	53.5350	-	27.00	29.00	-	36.00	-	0.5043	120.2800	0.5417	-	57.2000	-	0.6723	47.7400	
120 seg	27	21	229	9	1	1521	99.1278	3.00	1.00	-	39.00	-	0.0767	85.6000	0.0236	-	89.5300	-	0.9967	175.3600		
150 seg	38	22	190	169	121	1444	41.8413	-	13.00	-	11.00	-	38.00	-	0.3122	108.1900	-	0.2642	105.3100	-	0.9136	155.8600
180 seg	17	11	152	0	36	10201	101.1700	-	8.00	-	101.00	-	90.0000	-	0.0591	96.6000	-	0.9982	-	-	3.3900	
210 seg	17	17	233	1	36	9801	99.1800	-	1.00	6.00	-	99.00	0.0101	89.4200	0.0605	-	88.5300	-	0.9981	-	176.4800	
240 seg	18	23	154	1	4	9	3.7400	1.00	2.00	-	3.00	-	0.2673	74.6900	0.5345	-	57.6800	-	0.8018	-	36.6900	
270 seg	19	25	157	289	169	25	21.7960	17.00	-	13.00	-	5.00	0.7735	39.5200	-	0.5915	126.2600	-	0.2275	-	76.8400	
300 seg	36	12	162	361	36	189	25.7908	-	19.00	8.00	-	13.00	-	0.7986	142.9900	0.2522	-	75.3000	-	0.5464	86.8800	
330 seg	17	18	175	36	25	9	8.3868	8.00	18.00	-	3.00	-	0.7171	44.1800	-	0.5915	126.6900	-	0.3586	-	68.9800	
360 seg	23	13	178	529	324	361	34.8425	-	23.00	-	-	19.00	-	0.6601	131.3000	0.2522	-	58.8900	-	0.5453	123.0400	
390 seg	0	31	159	144	0	1	12.0415	12.00	-	2.00	-	1.00	0.9965	4.7600	-	0.5916	126.5900	-	0.0820	-	82.2300	
420 seg	12	31	160	144	4	196	18.5472	12.00	-	4.00	-	14.00	-	0.6470	130.5100	0.5166	-	56.8000	-	0.7583	40.9900	
450 seg	0	29	174	0	36	1	4.1231	-	-	9.00	-	1.00	-	90.0000	-	-	90.0000	-	0.2625	-	75.9600	
480 seg	0	25	175	0	81	400	21.9317	-	8.00	-	20.00	-	90.0000	-	0.1078	96.1900	-	0.9119	-	155.7700		
510 seg	0	16	155	100	64	9	15.1229	10.00	-	7.00	-	3.00	-	0.7603	48.5100	-	0.9701	165.9600	-	0.2281	103.8900	
540 seg	19	24	152	100	49	9	12.5698	-	19.00	-	31.00	-	0.7956	142.7000	-	0.4104	114.2200	-	0.2387	-	168.2400	
570 seg	0	31	149	0	961	22391	152.1967	-	-	13.00	-	149.00	-	90.0000	-	0.8888	52.5300	-	0.9790	-	177.4500	

Una vez obtenidos los puntos en el espacio (x, y, z), se procede a graficar el comportamiento de la mano izquierda cada 30 segundos como se muestra en la Figura 1, esto con el fin de analizar la metodología establecida y con ello crear un nuevo procedimiento que permita optimizar el tiempo de ciclo y disminución de la fatiga del trabajador.



Figura 1. Trayectoria mano izquierda proceso de ensamblado

En la Tabla IV se presenta los datos obtenidos de la mano derecha en el proceso de ensamblado de la caja observándose un intervalos de 78.38 mm de variación distancia

resultante entre puntos, también se cuenta con una variación máxima de un 90.93 % entre el ángulo del eje X y el ángulo del eje Y.

Tabla IV. Trayectoria en la mano derecha proceso de ensamblado de caja

Mano derecha																					
Tiempo	X	Y	Z	dx	dy	dz	R	dx=x ₂ -x ₁	dy=y ₂ -y ₁	dz=z ₂ -z ₁	cos x	angulo x	cos y	angulo y	cos z						
0 seg	40	23	183	1764	169	289	47.1380	-	42	-	13	-	17	-	0.8910	152.9900	-	0.2757	106.0000	-	0.3606
30 seg	-2	10	166	196	4	1	14.1774	14	-	2	1	0.9874	9.0700	-	0.1411	98.1000	-	0.0705			
60 seg	12	8	167	529	16	576	33.4813	23	4	-	24	0.6869	46.6100	0.1195	83.1300	-	0.7168				
90 seg	35	12	143	289	36	144	21.6564	-	17	-	6	12	-	0.7849	141.7100	-	0.2770	106.0600	-	0.5541	
120 seg	18	6	155	36	9	25	8.3666	6	3	5	0.7171	44.1800	0.3585	68.9800	-	0.5976					
150 seg	24	9	160	121	784	36	30.6757	-	11	28	-	6	-	0.3559	111.0100	0.9127	24.1000	-	0.1955		
180 seg	13	37	154	4	0	36	6.3245	2	-	6	0.3162	71.5600	-	90.0000	-	0.9486					
210 seg	15	37	160	4	0	100	10.1980	-	2	-	-	10	-	0.1961	101.3000	-	90.0000	-	0.9805		
240 seg	13	37	150	4	121	64	13.7477	2	-	11	8	0.1454	81.6300	-	0.8001	143.1400	-	0.5819			
270 seg	15	26	158	16	4	0	4.4721	4	2	-	0.8944	26.5600	0.4472	63.4300	-	-					
300 seg	19	28	158	25	256	81	19.0266	-	5	-	16	-	9	-	0.2627	105.1700	-	0.8409	147.2300	-	0.4730
330 seg	14	12	149	4	25	16	6.7082	2	-	5	4	0.2981	72.6600	-	0.7473	138.1800	-	0.5962			
360 seg	16	7	153	361	100	81	23.2800	19	10	9	0.8161	35.3000	0.4295	64.5600	-	0.3865					
390 seg	35	17	162	16	0	100	10.7700	-	4	-	-	10	-	0.3713	111.8000	-	90.0000	-	0.9284		
420 seg	31	17	152	144	484	324	30.8545	12	22	18	0.3889	67.1100	0.7130	44.5100	-	0.5833					
450 seg	43	39	170	729	361	25	33.3916	-	27	-	19	5	-	0.8085	143.9500	-	0.5690	124.6800	-	0.1497	
480 seg	16	20	175	36	0	169	14.3178	-	6	-	-	13	-	0.4190	114.7700	-	90.0000	-	0.9079		
510 seg	10	20	162	0	35	4	5.3851	-	5	-	2	-	90.0000	0.9284	21.8000	-	0.3713				
540 seg	10	25	160	16	400	64	21.0909	-	4	-	20	-	8	-	0.1825	100.5100	-	0.9128	155.9000	-	0.3652
570 seg	6	5	152	36	25	23104	152.2005	-	6	-	5	-	152	-	0.0394	92.2500	-	0.0328	91.8800	-	0.9986

Una vez obtenidos los puntos en el espacio (x, y, z), se procede a graficar el comportamiento de la mano derecha cada 30 segundos, esto con el fin de analizar la metodología establecida y con ello crear un nuevo procedimiento que permita optimizar el tiempo de ciclo y disminución de la fatiga del trabajador, tal y como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Trayectoria mano izquierda proceso de ensamblado

En la Tabla V podemos observar la variación de la magnitud el vector resultante que es de 39.905 mm ya que se encuentra entre los intervalo de 1.41 mm a 40.5 mm, al calcular los ángulos se tiene las variaciones con mayor porcentaje entre el Angulo en X y el ángulo en Y del 90.93 % y entre el ángulo Z y el ángulo X una variación del 28.15 %.

Tabla V. Trayectoria en la mano izquierda proceso de llenado de caja

Mano izquierda																						
Tiempo	X	Y	Z	dx	dy	dz	R	$dx=x_2-x_1$	$dy=y_2-y_1$	$dz=z_2-z_1$	cos x	angulo x	cos y	angulo y	cos z	angulo z						
0 seg	24	8	167	1024	4	196	34.9857	-	32	2	-	14	-	0.9146	156.1500	0.0572	86.7200	-	0.4001	113.5800		
30 seg	-8	10	153	81	4	4	9.4339	9	-	2	-	2	0.9539	20.9300	-	0.2120	102.2300	-	0.2120	102.2300		
60 seg	1	8	151	81	144	49	16.5529	-	9	-	12	7	-	0.5437	122.9300	-	0.7249	136.4600	0.4228	64.9800		
90 seg	-8	-4	158	1	0	1	1.4142	-	1	-	-	1	-	0.7071	134.9900	-	90.0000	-	0.7071	134.9900		
120 seg	-9	-4	157	9	49	25	9.1104	3	-	7	-	5	0.3292	70.7700	-	0.7683	140.2000	-	0.5488	123.2800		
150 seg	-6	-11	152	400	81	49	23.0217	20	9	7	0.8687	29.6800	0.3909	66.9800	0.3040	72.2900						
180 seg	14	-2	159	100	49	100	15.7797	10	7	10	0.6337	50.6700	0.4436	63.6600	0.6337	50.6700						
210 seg	24	5	169	1444	196	1	40.5092	-	2	14	1	-	0.9380	159.7200	0.3456	69.7800	0.0246	88.5800				
240 seg	-14	5	170	1	441	36	21.8632	-	9	21	-	6	0.0457	87.3700	0.9605	73.8400	-	0.2744	105.0920			
270 seg	-13	19	164	625	4	1	25.1000	-	30	-	2	1	0.9960	5.1100	-	0.0797	94.5700	0.0398	87.9100			
300 seg	12	40	165	36	81	16	11.5325	5	-	9	4	-	0.5202	121.3500	-	0.7803	141.2900	0.3468	69.7000			
330 seg	6	38	169	169	900	196	35.5668	-	4	-	30	8	0.3655	68.5600	-	0.8434	147.5000	-	0.3916	113.1800		
360 seg	19	29	155	1089	25	100	34.8425	-	5	-	14	-	0.9471	161.2800	0.1435	81.7400	0.2870	73.3200				
390 seg	-14	-1	165	676	16	4	26.3818	6	-	4	10	0.9855	9.0500	-	0.1516	98.7200	-	0.0758	94.3400			
420 seg	12	4	163	625	0	9	25.1793	6	-	-	2	-	0.9928	173.1500	-	90.0000	0.1191	83.1300				
450 seg	-13	0	166	841	36	1	29.6310	-	3	6	3	0.9787	11.8400	0.2024	78.3100	-	0.0337	91.9300				
480 seg	16	0	165	529	36	121	26.1916	8	-	3	-	1	-	0.8781	151.4100	0.2290	76.7500	0.4199	65.1600			
510 seg	-7	6	176	81	9	1	9.5393	4	8	11	-	0.9434	160.6400	-	0.3144	108.3200	0.1048	83.9800				
540 seg	-16	12	177	9	64	484	23.6008	-	17	4	1	0.1271	82.8900	0.3389	70.1800	0.9321	21.2200					
570 seg	-13	9	199	1	16	25	6.4807	-	-	17	22	-	0.1543	98.8700	0.6172	51.8800	0.7715	39.5000				

Una vez obtenidos los puntos en el espacio(x, y, z), se procede a graficar el comportamiento de la mano izquierda cada 30 segundos, esto con el fin de analizar la metodología establecida y con ello crear un nuevo procedimiento que permita optimizar el tiempo de ciclo y disminución de la fatiga del trabajador como se muestra en la Figura 3.

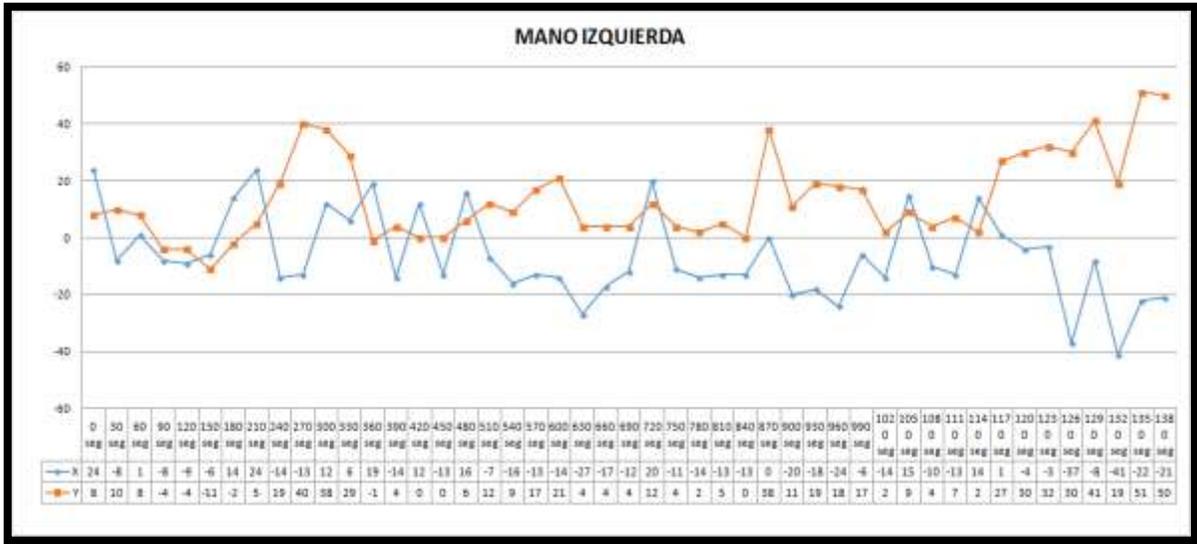


Figura 3. Trayectoria mano izquierda proceso de empaquetado

En la Tabla VI podemos observar la variación de la magnitud el vector resultante que es de 61.77 mm ya que se encuentra entre los intervalo de 1.41 mm a 63.1 mm, al calcular los ángulos se tiene las variaciones con mayor porcentaje entre el Angulo en X y el ángulo en Y del 90 % y entre el ángulo Z y el ángulo X una variación del 32 %.

Tabla VI. Trayectoria en la mano derecha proceso de llenado de caja

Mano derecha																			
Tiempo	X	Y	Z	dx	dy	dz	R	dx=x ₂ -x ₁	dy=y ₂ -y ₁	dz=z ₂ -z ₁	cos x	angulo x	cos y	angulo y	cos z	angulo z			
0 seg	29	11	176	1	234	484	28.4429	-	1	-	18	-	22	-0.0351	92.0100	-0.6328	129.2600	-0.7734	140.6600
30 seg	28	-7	154	16	36	49	10.0498	-	4	-	6	-	7	-0.3980	113.4500	-0.5970	126.3500	-0.6965	13,414.0000
60 seg	24	-13	147	16	121	25	12.7279	-	4		11		5	0.3142	71.6800	0.8642	30.2000	0.3928	66.8600
90 seg	28	-2	152	1	16	0	4.1231		4	-	4	-	-	-0.2425	104.0300	-0.9701	165.9600	-	90.0000
120 seg	27	-6	152	4	64	100	12.9614	-	1	-	8	-	10	-0.1543	98.8700	-0.6172	128.1100	-0.7715	140.4900
150 seg	25	-14	142	16	256	1	16.5227	-	2		16	-	1	-0.2420	104.0000	0.9672	14.4500	-0.0605	93.4600
180 seg	21	2	141	49	16	225	17.0293	-	4		4		15	-0.4110	114.2100	0.2348	76.4100	0.8808	28.2500
210 seg	14	6	156	1521	36	100	40.7062	-	7	-	6	-	10	-0.9580	163.3500	-0.1473	98.4700	-0.2456	104.2200
240 seg	-25	0	146	64	1	9	8.6023	-	39		1	-	3	-0.9299	158.4300	0.1162	83.3200	-0.3487	110.4100
270 seg	-33	1	143	1	1	0	1.4122	-	8	-	1	-	-	0.7071	45.0000	0.7071	135.0000	-	90.0000
300 seg	-32	0	143	2025	64	144	47.2546		1		8		12	0.9522	17.7500	0.1692	80.2500	0.2539	75.2800
330 seg	13	8	155	16	3721	256	63.1901		45		61		16	0.0636	86.3700	0.9653	15.1200	0.2532	75.3200
360 seg	17	69	171	4	0	9	3.6055		4	-	-	3	0.5547	56.3000	-	90.0000	-0.8320	146.3000	
390 seg	19	69	168	9	0	64	8.5440		2	-	-	8	-0.3511	110.5500	-	90.0000	-0.9363	159.4400	
420 seg	16	69	160	1	4	9	3.7416	-	3	-	2	-	3	0.2672	74.4900	-0.5345	122.3100	-0.8017	143.3000
450 seg	17	67	157	256	841	289	37.2290		1	-	29	-	17	-0.4297	115.4500	-0.7789	141.1600	-0.4566	117.1700
480 seg	1	38	140	9	289	256	23.5372	-	16		17		16	0.1274	82.6700	0.7222	43.7500	0.6797	47.1700
510 seg	4	55	156	196	2025	49	47.6445		3		45	-	7	-0.2938	107.0800	-0.9444	160.8200	-0.1469	98.4400
540 seg	-10	10	149	121	9	4	11.5758	-	14	-	3		2	-0.9502	161.8500	-0.2591	105.0200	0.1727	80.0500
570 seg	-21	7	151	81	16	4	10.0498	-	11	-	4	-	2	-0.8955	153.5700	-0.3980	113.4500	-0.1990	101.4700

Una vez obtenidos los puntos en el espacio(x, y, z), se procede a graficar el comportamiento de la mano derecha cada 30 segundos, esto con el fin de analizar la metodología establecida y con ello crear un nuevo procedimiento que permita optimizar el tiempo de ciclo y disminución de la fatiga del trabajador como se presenta en la Figura 4.

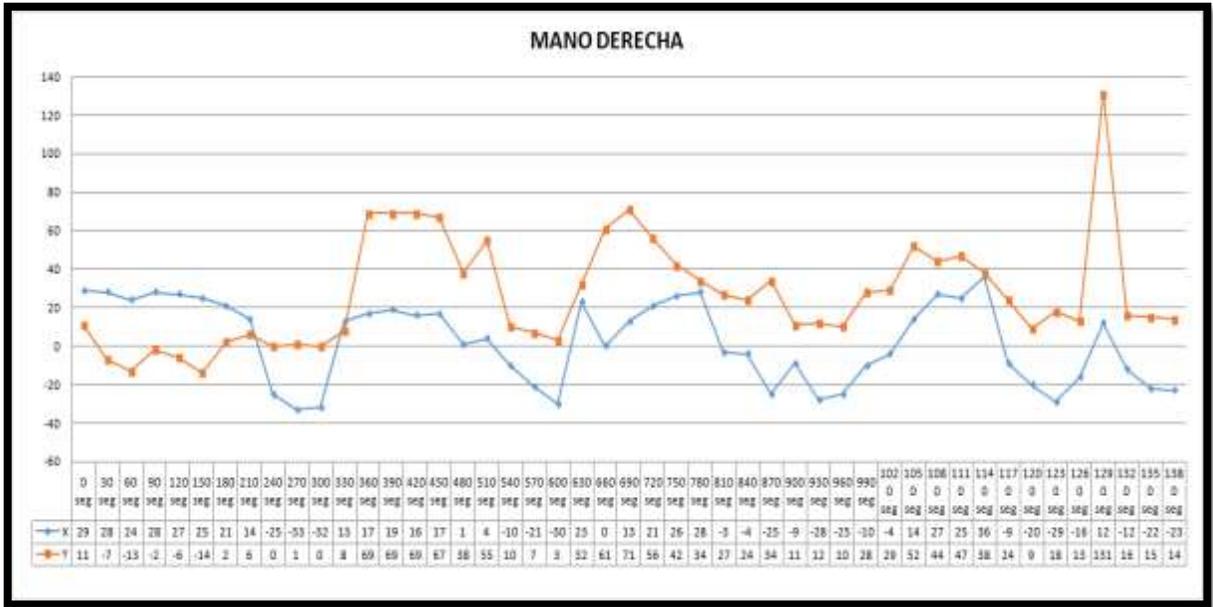


Figura 4. Trayectoria mano derecha proceso de empaquetado

En la Tabla VII podemos observar la variación de la magnitud el vector resultante que es de 156 mm ya que se encuentra entre los intervalo de 1.71 mm a 157.8 mm, al calcular los ángulos se tiene las variaciones con mayor porcentaje entre el Angulo en X y el ángulo en Y del 90% y entre el ángulo Z y el ángulo X una variación del 32.37%.

Tabla VII. Trayectoria en la mano izquierda proceso de sellado de caja

Mano izquierda																	
Tiempo	X	Y	Z	dx	dy	dz	R	dx=x ₂ -x ₁	dy=y ₂ -y ₁	dz=z ₂ -z ₁	cos x	angulo x	cos y	angulo y	cos z	angulo z	
0 seg	0	7	146	1	1	1	1.7320	-	1	1	1	-0.5763	125.2900	0.5773	54.7300	0.5773	54.7300
30 seg	-1	8	147	4	64	9	8.7949	-	2	-	8	-0.2279	103.1700	0.9116	155.7300	0.3418	109.9900
60 seg	-3	0	144	36	0	1	6.0827	6	-	1	0.9863	9.4600	-	90.0000	0.1643	80.5300	
90 seg	3	0	145	36	9	9	7.3484	-	6	-	3	-0.8164	144.7300	-0.4082	114.0900	-0.4082	114.0900
120 seg	-3	-3	142	289	1	9	17.2916	-	17	-	1	-0.9831	169.4600	-0.0578	93.3100	0.1734	80.0000
150 seg	-20	-4	145	225	1	4	15.1657	-	15	1	-	-0.9890	171.5200	0.0659	86.2100	-0.1318	82.4800
180 seg	-35	-3	143	16	1	1296	36.2353	-	4	1	36	-0.1103	96.3300	0.0275	88.4100	0.9935	6.5100
210 seg	-39	-2	179	25	25	16	8.1240	5	5	-	4	0.6154	52.0100	0.6154	52.0100	-0.4923	119.4900
240 seg	-34	3	175	144	0	144	16.9705	12	-	-	12	0.7071	134.9900	-	90.0000	-0.7071	134.9900
270 seg	-22	3	163	0	36	49	9.2195	-	6	-	7	-	90.0000	0.6507	49.3900	-0.7592	139.3900
300 seg	-22	9	156	484	81	24336	157.8005	22	-	9	156	0.1394	81.9800	-0.0570	93.2600	-0.9885	171.7300

Una vez obtenidos los puntos en el espacio(x, y, z), se procede a graficar el comportamiento de la mano izquierda cada 30 segundos, esto con el fin de analizar la metodología establecida y con ello crear un nuevo procedimiento que permita optimizar el tiempo de ciclo y disminución de la fatiga del trabajador Figura 5.

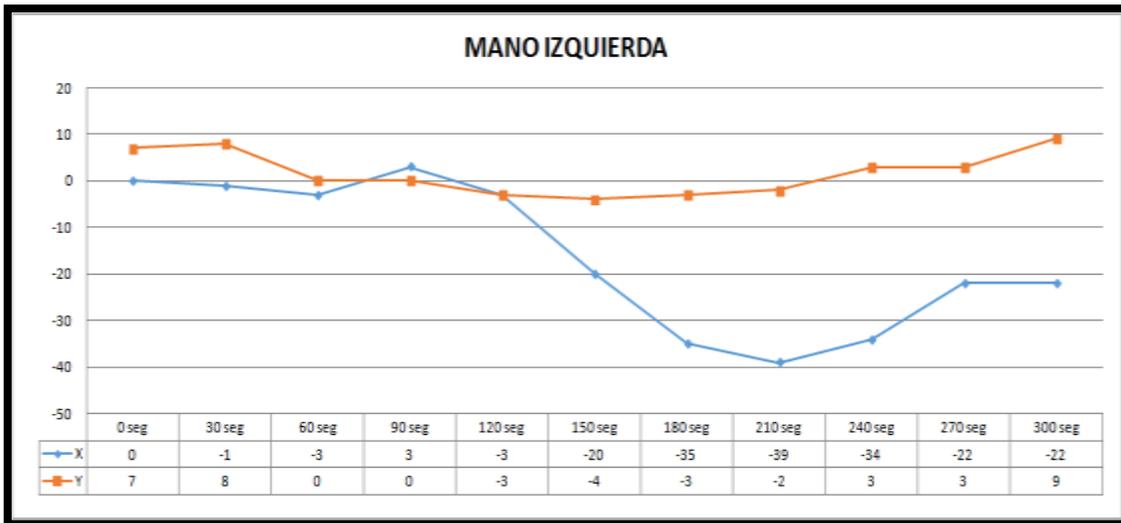


Figura 5. Trayectoria mano izquierda proceso de sellado

En la Tabla VIII podemos observar la variación de la magnitud el vector resultante que es de 139 mm ya que se encuentra entre los intervalo de 1 mm a 140.54 mm, al calcular los ángulos se tiene las variaciones con mayor porcentaje entre el Angulo en X y el ángulo en Y del 90% y entre el ángulo Z y el ángulo X una variación del 18 %.

Tabla VIII. Trayectoria en la mano derecha proceso de sellado de caja

Mano derecha																
Tiempo	X	Y	Z	dx	dy	dz	R	$dx=x_2-x_1$	$dy=y_2-y_1$	$dz=z_2-z_1$	cos x	angulo x	cos y	angulo y	cos z	angulo z
0 seg	14	18	174	16	1	9	5.0990	4	- 1	- 3	0.7844	38.3200	-0.1961	101.3000	-0.5883	126.0300
30 seg	18	17	171	324	1	1	18.0554	18	1	- 1	0.9969	4.4900	0.0553	86.8200	-0.0553	93.1700
60 seg	36	18	170	0	1	0	1.0000	-	- 1	-	-	90.0000	-1.0000	180.0000	-	90.0000
90 seg	36	17	170	6561	625	9	84.8233	- 81	- 25	- 3	-0.9549	162.7300	-0.2947	107.0800	-0.0353	92.0200
120 seg	-45	-8	167	3844	484	729	71.1125	62	22	27	0.8718	29.3200	0.3093	71.9700	0.3796	67.6800
150 seg	17	14	194	121	1	81	14.2478	- 11	- 1	- 9	-0.7720	140.5300	-0.0701	94.0200	-0.6316	129.1700
180 seg	6	13	185	100	225	36	19.0000	10	- 15	- 6	0.5263	58.2400	-0.7894	142.1300	-0.3557	108.0400
210 seg	16	-2	179	169	4	1681	43.0581	- 13	2	- 41	-0.3019	107.5700	0.0464	87.1300	-0.9532	162.2100
240 seg	3	0	138	81	9	1225	36.2629	9	3	35	0.2481	75.6200	0.0827	85.2500	0.9651	15.1600
270 seg	12	3	173	1296	1225	2209	68.7749	36	35	- 47	0.5234	58.3600	0.5089	59.4000	-0.6638	133.0100
300 seg	48	38	126	2304	1444	15876	140.0829	48	- 38	- 126	-0.3416	110.0300	-0.2712	105.7300	-0.8694	154.0800

Una vez obtenidos los puntos en el espacio(x, y, z), se procede a graficar el comportamiento de la mano derecha cada 30 segundos, esto con el fin de analizar la metodología establecida y con ello crear un nuevo procedimiento que permita optimizar el tiempo de ciclo y disminución de la fatiga del trabajador, tal y como se muestra la variación en el a Figura 6.

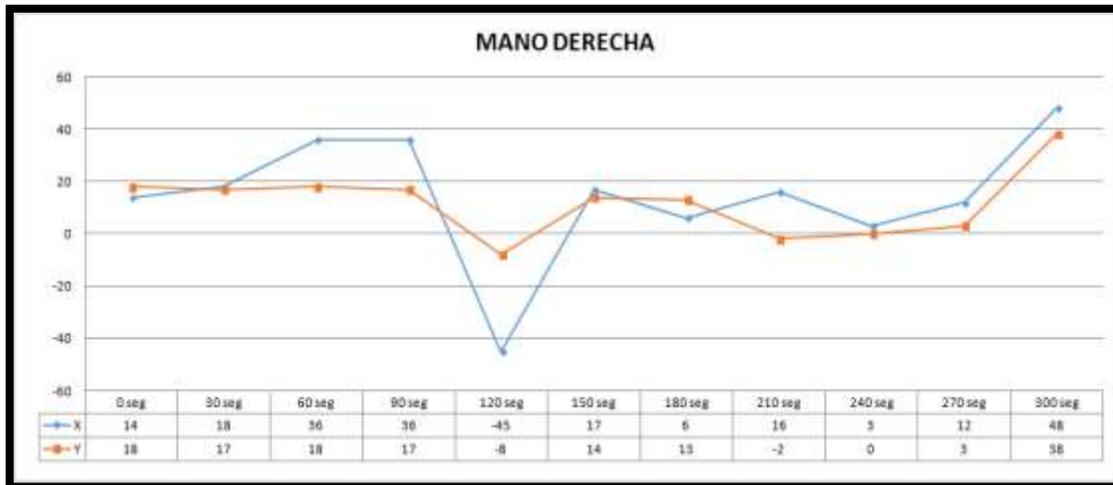


Figura 6. Trayectoria mano derecha proceso de sellado

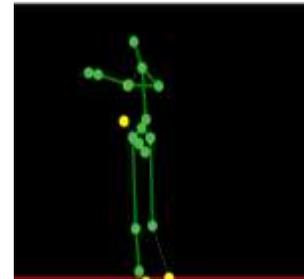
d. Simulación de avatar

Los avatares inteligentes programados simulados mediante el sensor kinect, que imitan las extremidades del cuerpo humano y que son sometidos a distintos tipos de accidentes o pruebas de investigación, para así evaluar las lesiones ocasionadas por movimientos realizados por un cuerpo humano. En esta ocasión fueron utilizados para estudiar los movimientos ejecutados por un operador, en el cual se establecieron los ángulos que realizaba el mismo para determinar el trabajo y el desgaste muscular en el área de empaquetamiento durante una jornada diaria de trabajo.

Los estudios se basaron en los 3 procesos A) Ensamblado, B) Empaquetado y C) Sellado tomando los ángulos de mano derecha y mano izquierda con los tiempos respectivos al manejo del proceso. [11].

En la Figura 7 se presenta los ángulos de X, Y y Z, así como la imagen del operador en el área de envasado y su simulación en software modelador realizando el ensamblado de cajas.

Ángulos	x	y	z
Mano derecha	1	81	201
Mano izquierda	22	21	283



Ángulos	x	y	z
Mano derecha	25	55	204
Mano izquierda	22	17	215

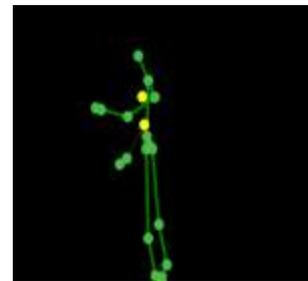
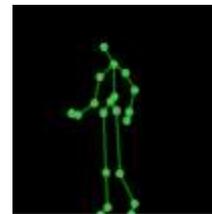


Figura 7. Ángulos Y simulación de la acción de ensamblado en el área de envasado Armado de caja

En la Figura 8 se presenta los ángulos de X, Y y Z, así como la imagen del operador en el área de envasado y su simulación en software modelador realizando el envasado de las galletas en las cajas.

Ángulos	x	y	z
Mano derecha	24	-13	147
Mano izquierda	1	8	151



Ángulos	x	y	z
Mano derecha	28	-2	152
Mano izquierda	-8	-4	158

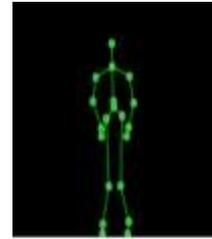
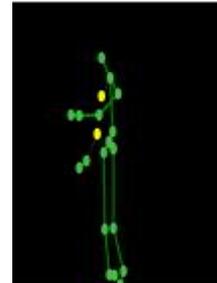


Figura 8. Ángulos de X, Y, Z y simulación de la acción de envasado de galletas en las cajas en el área de envasado

En la Figura 9 se presenta los ángulos de X, Y y Z, así como la imagen del operador en el área de envasado y su simulación en software modelador realizando el sellado de cajas.

Ángulos	x	y	z
Mano derecha	14	18	174
Mano izquierda	0	7	146



Ángulos	x	y	z
Mano derecha	36	17	170
Mano izquierda	3	0	145

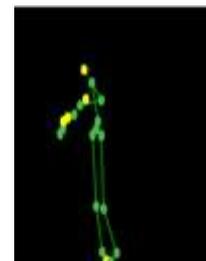


Figura 9. Ángulos de X, Y, Z y simulación de la acción de empacado de cajas

En las figuras anteriores se puede observar al trabajador durante el ciclo completo de empaquetado, y un avatar que simula este proceso, los puntos que refleja esta imagen representa las articulaciones del cuerpo humano, la cuales derivado de la frecuencia de repetición del ciclo se ven afectadas de manera significativa. En este estudio solo se hace referencia a las manos.

Conclusiones

Los análisis y resultados obtenidos, son puntos de partida en la implantación de mejoras, no solo en el ámbito productivo sino también en aspectos de seguridad industrial, ergonomía, calidad y distribución para la mejora del área de empaquetado, la cual es clave en la velocidad de producción, por ello requiere que siempre este en una mejora continua.

Los estudios brindaron una perspectiva en cuanto a la fatiga que presenta el personal en la estación de trabajo y como afecta esto en su rendimiento, se puede inferir mediante la observación y la obtención de datos que se realizó del proceso que un punto importante es el relevo de persona, datos obtenidos:

- Proceso de ensamblado de caja con movimientos productivos.
- Proceso de llenado de caja con movimientos productivos.
- Proceso de sellado de caja con movimientos productivos.
- Tiempo promedio de los operadores: 24.96 segundos
- Tiempo estándar calculado: 27.27 segundos.

- Articulaciones de exposición tales como: los hombros, la espalda, las manos, las muñecas, la espalda baja e incluso las piernas.

Se puede resaltar que en la empresa de elaboración de galletas, existen muchos puntos de oportunidad en cuanto a problemáticas simples pero que al final son necesarias de corregir.

Las investigaciones generadas a partir de este tipo de trabajos en vinculación con empresas que tienen la necesidad de desarrollar mejoras en sus procesos, existe la posibilidad de generar trabajos en equipos multidisciplinarios que sumen esfuerzos en pro de un análisis, desarrollo, simulación y generación de información con la finalidad de consolidar el conocimiento y la innovación al impulso de aplicaciones tecnológicas para incrementar la productividad.

Bibliografía

1. Banks, Jerry. *Principles of Quality Control*. Edit. Wiley, Estados Unidos de América, 1989.
2. Beer P. Ferdinand, Roussell E. Johnston, *Mecánica Vectorial Para Ingenieros* (Estática y Dinámica), Edit. Graw Hill.
3. Bernabéu Martínez Eusebio, *Análisis óptico de Monitoreo*, S/Edit, Madrid, 2013.
4. Cardona Henao Mario, *Ingeniería de métodos y Medición del Trabajo: Eficiencia*, 2008.
5. Fowler Bedford, *Mecánica Para Ingeniería (Estática)*, Edit. Pearson Education, 2008.
6. Grimaldi V. John, Simonds H. Rollin , *Seguridad e Higiene en la Industria y el comercio*, Edit. AlfaOmega, México, 1996.
7. Hernandez Sampieri Roberto, *metodologia de la investigacion*, Edit. MC Graw Hill, 2010.

8. Hillier, Frederick; Lieberman, Gerald. *Introducción a la Investigación de Operaciones*, Edit. McGraw Hill, México, 1992.
9. Niebel, B. Freivalds, *Ingeniería Industrial*, Edit. Alfa omega, México, 2008.
10. P. Boresi Arthur, J. Schmidt Richard, *engineering mechanics dynamics*, Edit brooks/Cole, 2001.
11. Pfeiffer Sammy, *Ingeniería Técnica en Informática de Sistemas*, S/Edit Estados Unidos De America, 2011.