

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivos Generales.....	1
1.2	Objetivos Específicos	1
1.3	Antecedentes.....	2
1.3.1	PCA	3
1.3.2	Kernel PCA	4
1.3.3	Factor Analysis.....	5
1.3.4	LDA	6
1.3.5	MDS	6
1.3.6	ISOMAP.....	6
1.3.7	LLE.....	7
1.4	Detector de anormalidad.....	8
1.4.1	Elliptic Envelope	8
1.4.2	Isolation Forest	9
1.4.3	Local Outlier Factor.....	10
1.4.4	SVM	10
2	Metodología.....	11
2.1	Etapa 1: Limpieza de datos:.....	12
	Reducción de dimensionalidad.....	13
2.2	Etapa 2 : Construcción de sistema detección de anomalías.....	13
2.3	Etapa 3: evaluación del desempeño del modelo	14
3	Resultados.....	14
3.1	Detalle técnico del equipo en estudio	14
3.2	Limpieza de datos	16
3.3	Resultados de reducción de dimensionalidad de datos	18
3.3.1	PCA	18
3.3.2	Kernel PCA	19
3.3.3	Factor Analysis.....	20
	MDS	20
3.3.4	ISOMAP.....	21
3.3.5	LLE.....	22
3.4	Resultados del modelo predictivo detector de anormalidad	22
3.5	Validación dela modelo usado.....	25
3.5.1.1	Validación con set de datos de Validación:.....	25

3.5.2	Grafica de orbita a partir de datos RMS	25
3.5.3	Comportamiento de la temperatura en oscilaciones diarias	27
3.5.4	Verificación de datos de detección de anomalía de datos físicos:	28
4	CONCLUSIONES:.....	36
5	BIBLIOGRAFIA	37

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Características de la data entregada por empresa minera.</i>	16
<i>Tabla 2: Ejemplo de limpieza de datos de vibración.</i>	17
<i>Tabla 3: Tabla comparativa de técnicas de detector de anomalías usadas.</i>	24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1: Esquema de reducción de variable 3D a 2D mediante PCA.</i>	4
<i>Figura 2: Cambio de variables funciones no lineales con PCA.</i>	4
<i>Figura 3: Cambio de variables funciones no lineales mediante Kernel PCA</i>	5
<i>Figura 4: Cambio de variable mediante análisis discriminante lineal MDS de 3 a 2 dimensiones</i>	6
<i>Figura 5: Distancia a vecinos en espacio euclidiano (fig. izquierda) y distancia en espacio geodésico (fig. lado derecho)</i>	7
<i>Figura 6: Reducción dimensional mediante algoritmo LLE.</i>	8
<i>Figura 7: Modelo predictivo EllipticEnvelope</i>	9
<i>Figura 8: Modelo Isolation Forest</i>	9
<i>Figura 9: Modelo Local Outlier Factor (LOF).</i>	10
<i>Figura 10: Dos clase azul y rojo, el SVM busca encontrar la frontera que mejor separa ambas clases</i>	11
<i>Figura 11: frontera de máxima separación de las clases.</i>	11
<i>Figura 12: Grafica de interpolación en valores RMS.</i>	13
<i>Figura 13: Bomba en estudio.</i>	15
<i>Figura 14: Especificación de instalación norma ISO 7919</i>	15
<i>Figura 15: Filtrado de datos.</i>	16
<i>Figura 16: Cambio de variables funciones no lineales con PCA a 3D y 2D.</i>	19
<i>Figura 17: Varianza acumulada 15 componentes principales.</i>	19

<i>Figura 18: Cambio de variables funciones no lineales con Kernel PCA a 3D y 2D.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 19: Cambio de variables funciones no lineales con Factor Análisis a 3D y 2D.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 20: Cambio de variables funciones con MDS a 3D y 2D.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 21: Cambio de variables funciones con ISOMAT a 3D y 2D</i>	<i>21</i>
<i>Figura 22: Reducción Componentes principales método LLE, de los 16 sensores de motobomba</i>	<i>22</i>
<i>Figura 23: Selección del parámetro “contamination” en Elliptic Envelope, bajo un criterio de apreciación visual gráfico.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 24: anomalías del set de datos de validación</i>	<i>25</i>
<i>Figura 25: Grafica de descanso motor lado libre x-y de datos normales</i>	<i>26</i>
<i>Figura 26: Grafica de proxímetros x-y sincronizados y comparada con orbita de sistema de monitoreo on- line.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 27: Espectro de vibraciones típico de frecuencia sin falla de un motor.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 28: Variación de temperatura ene le día [4].....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 29: Fluctuaciones de Temperatura Descanso motor lado acople, diarios.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 30: Anomalías en corriente de motor, fase 1 en el tempo</i>	<i>29</i>
<i>Figura 31: Anomalías en corriente de motor, fase 2 en el tempo</i>	<i>29</i>
<i>Figura 32: Anomalías en corriente de motor, fase 3 en el tempo</i>	<i>29</i>
<i>Figura 33: Anomalías en caudal de Bomba, en el tempo</i>	<i>30</i>
<i>Figura 34: Anomalías en Temperatura Descanso 1 , en el tiempo</i>	<i>30</i>
<i>Figura 35: Anomalías en Temperatura Descanso 2, en el tiempo</i>	<i>31</i>
<i>Figura 36: Anomalías en Temperatura Descanso 3, en el tiempo</i>	<i>31</i>
<i>Figura 37: Anomalías en Temperatura Descanso 4, en el tiempo</i>	<i>31</i>
<i>Figura 38: Anomalías en Vibración Descanso 1, Dirección x, en el tiempo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 39: Anomalías en Vibración Descanso 1, Dirección y, en el tiempo</i>	<i>32</i>
<i>Figura 40: Anomalías en Vibración Descanso 2, Dirección x, en el tiempo.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 41: Anomalías en Vibración Descanso 2, Dirección y, en el tiempo</i>	<i>33</i>
<i>Figura 42: Anomalías en Vibración Descanso 3, Dirección x, en el tiempo.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 43: Anomalías en Vibración Descanso 3, Dirección y, en el tiempo</i>	<i>33</i>
<i>igura 44: Anomalías en Vibración Descanso 4, Dirección x, en el tiempo</i>	<i>34</i>
<i>Figura 45: Anomalías en Vibración Descanso 4, Dirección y, en el tiempo</i>	<i>34</i>
<i>Figura 46: Tendencia de vibración en bomba donde revela la falla mediante.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 47: Descanso de desplazamiento axial que fallo generando una falla de la bomba.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 48: Detección de anomalía Descanso 3 con entrenamiento de 16 variables (izquierda) y entrenamiento con los datos de vibración de la bomba (derecha).....</i>	<i>36</i>